



**You have downloaded a document from
RE-BUS
repository of the University of Silesia in Katowice**

Title: Charakterystyka epigenetycznych zmian węgla w pokładach w strefach uskokowych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego

Author: Stanisław Roman Ćmiel

Citation style: Ćmiel Stanisław Roman. (2009). Charakterystyka epigenetycznych zmian węgla w pokładach w strefach uskokowych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Katowice : Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIwersYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH



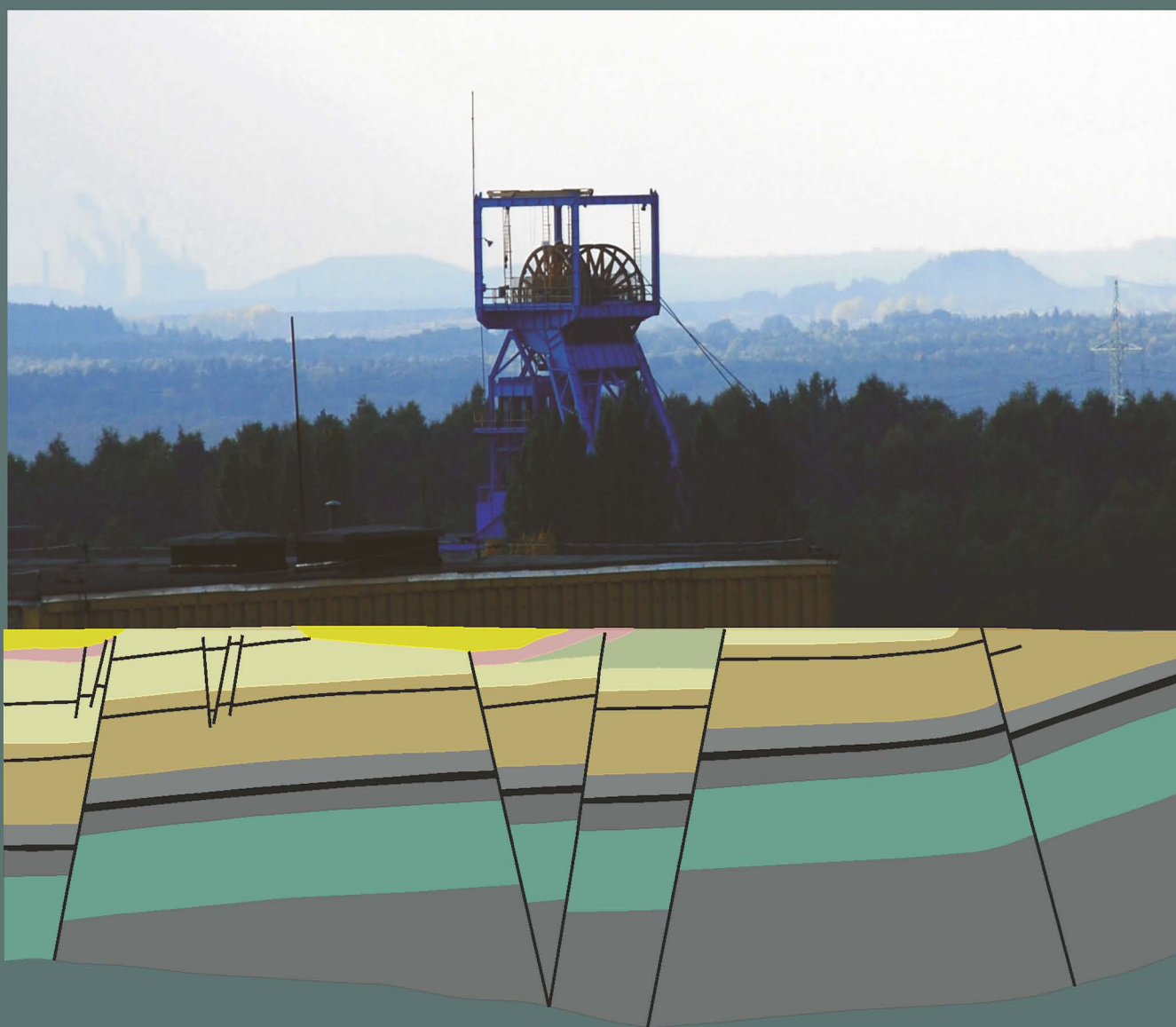
Biblioteka
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

Stanisław Roman Ćmiel

Charakterystyka epigenetycznych zmian węgla w pokładach w strefach uskokowych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego



**Charakterystyka epigenetycznych zmian węgla
w pokładach w strefach uskokuowych
Górnośląskiego Zagłębia Węglowego**



NR 2682

Stanisław Roman Ćmiel

**Charakterystyka epigenetycznych zmian węgla
w pokładach w strefach uskokowych
Górnośląskiego Zagłębia Węglowego**



Redaktor serii: Nauki o Ziemi

ANDRZEJ T. JANKOWSKI

Recenzenci

WIESŁAW GABZDYL

BARBARA KWIECIŃSKA

Spis treści

Objaśnienia symboli	7
Wstęp	9
1. Teza i cele pracy	11
2. Obszar i metodyka badań	13
3. Charakterystyka jakościowa węgla niezmienionego z obszaru badań	25
4. Stan badań nad epigenetycznymi zmianami skał węglonośnych	29
5. Własności geomechaniczne skał w strefach uskokowych	35
6. Badania własne	37
6.1. Badania analityczne węgla w strefach uskokowych	37
6.1.1. Typ pierwszy — degradacyjne zmiany jakości węgla	38
6.1.2. Typ drugi — agradacyjne zmiany jakości węgla	68
6.1.3. Typ trzeci — brak zmian jakości węgla	72
6.2. Badania węgla ze stref uskokowych metodą spektroskopii w podczerwieni	73
6.2.1. Strefa zróżnicowanego stopnia wietrzenia (typ 1)	75
6.2.2. Strefa zmian agradacyjnych jakości węgla (typ 2)	77
6.3. Badania parametrów geomechanicznych skał w strefach uskokowych	79
6.4. Związki parametrów geometrycznych badanych dyslokacji ze stopniem przeobrażenia węgla	81
7. Podsumowanie wyników	89
Wnioski	97
Literatura	99
Summary	107
Резюме	109

Objaśnienia symboli

Wskaźniki analizy technicznej węgla

- W^a — zawartość wilgoci w stanie analitycznym, według PN-92/G-04560
 A^a — zawartość popiołu w stanie analitycznym, według PN-92/G-04560
 V^{daf} — zawartość części lotnych w stanie suchym i bezpopiołowym, według PN-81/G-04516
 Q_s^{daf} — wartość ciepła spalania w stanie suchym i bezpopiołowym, według PN-81/G-04513
 SI — wartość wskaźnika wolnego wydymania, według PN-81/G-04515
 RI — zdolność spiekania według Rogi, zgodnie z PN-81/G-04518
 a — wielkość kontrakcji, b — wielkość dylatacji, według PN-81/G-04517
 t_1, t_2, t_3 — temperatura mięknięcia, kontrakcji i dylatacji, według PN-81/G-04517

Wskaźniki analizy składu elementarnego węgla

- C^{daf} — zawartość pierwiastka węgla w stanie suchym i bezpopiołowym, według PN-73/G-04521
 H^{daf} — zawartość wodoru w stanie suchym i bezpopiołowym, według PN-73/G-04521
 O^{daf} — zawartość tlenu w stanie suchym i bezpopiołowym, według PN-73/G-04521
 N^{daf} — zawartość azotu w stanie suchym i bezpopiołowym, według PN-79/G-04523
 S_t^a — zawartość siarki całkowitej, według PN-90/G-04514.16
 S_p^a — zawartość siarki pirytowej, według PN-77/G-04516.11
 $S_{SO_4}^a$ — zawartość siarki siarczanowej, według PN-77/G-04514.09

Wskaźniki własności fizycznych węgla

- R_m^a — zdolność odbicia światła wityrytu, według PN-92/G-04524
 d_r — gęstość rzeczywista, według PN-82/G-04537
 HV_{50} — twardość, według Vickersa
stopień spękania według GOST 8930-58

Wskaźniki petrograficzne węgla

- V — zawartość wityrytu, według PN-92/G-04529
 L — zawartość liptynytu, według PN-92/G-04529
 I — zawartość inertynyty, według PN-92/G-04529
 SM — zawartość substancji mineralnej, według PN-92/G-04529

Wstęp

Przedmiot pracy stanowią epigenetyczne zmiany węgla w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) — jednym z największych zagłębi w Europie. Obserwowana obecnie jakość węgla w pokładach zależy od wielu czynników geologicznych, z których najważniejsze są: rodzaj i warunki depozycji oraz przeobrażenia materiału węglotwórczego, stopień uwęglenia, a także ewentualne wtórne zmiany związane z procesami hipergenicznymi (GABZDYL, 1987). W wielu rejonach zagłębia zano- towano występowanie węgla wtórnie zmienionego, charakteryzującego się podwyższeniem lub obniżeniem wartości parametrów jakościowych. Typowym przykładem wtórnych zmian utworów węglonoś- nych są tzw. utwory pstre, których wystąpienia mają charakter powierzchniowy, związany ze stre- fami wychodni pokładów. Stopień przeobrażenia węgla i skał otaczających jest bardzo wysoki,

a zmiany sięgają głębokości 400 m. Podobne zmia- ny, ale o charakterze liniowym, nie tak intensywne, a sięgające nawet kilkuset metrów głębokości ob- serwowano w strefach uskokowych.

Panu Profesorowi Wacławowi Zuberkowi pragnę podziękować za stworzenie warunków i atmosfery do podjęcia tej pracy. Panom Profesorowi Lesławo- wi Teperowi i Profesorowi Adamowi Idziakowi dziękuję za owocną współpracę i dyskusje na temat tektoniki i jej wpływu na górotwór.

Szczególnie wdzięczny jestem Panu Profesorowi Ireneuszowi Lipiarskiemu za współpracę oraz in- spirujące dyskusje dotyczące jakości węgla w Gór- nośląskim Zagłębiu Węglowym.

Dziękuję również pracownikom służb geolo- gicznych badanych kopalń za pomoc w realizacji pracy.

1. Teza i cele pracy

Na podstawie wieloletnich badań własnych, jak i dostępnych danych powstała niniejsza praca, której teza jest następująca:

— Strefy uskokowe w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym mogą być miejscem wtórnych zmian niektórych własności węgla w pokładach i skał otaczających jako wynik wietrzenia lub/i przeobrażeń termicznych. Zmiany te są wielokierunkowe i zależą od charakteru dyslokacji.

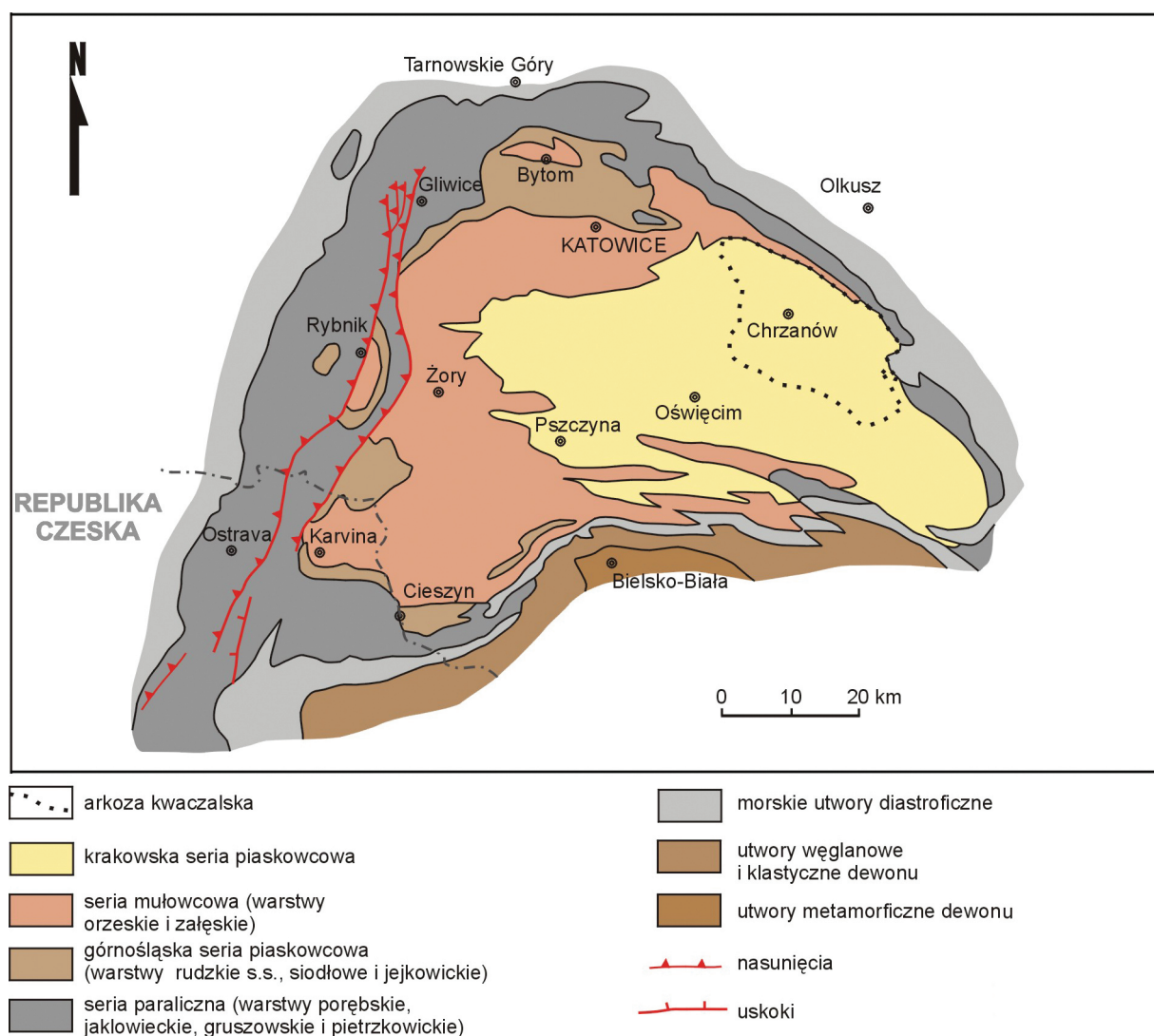
Celem naukowym opracowania jest charakterystyka zmienności wartości parametrów jakościowych węgla oraz zmian własności geomechanicznych skał w strefach uskokowych i ich związku z tektogenezą zagłębia.

Celem użytecznym jest określenie w rejonie uskoków stref pokładów węgla o zmienionych parametrach jakościowych i wytrzymałościowych, co ma znaczenie nie tylko w aspekcie ekonomicznym, lecz także bezpieczeństwa pracy.

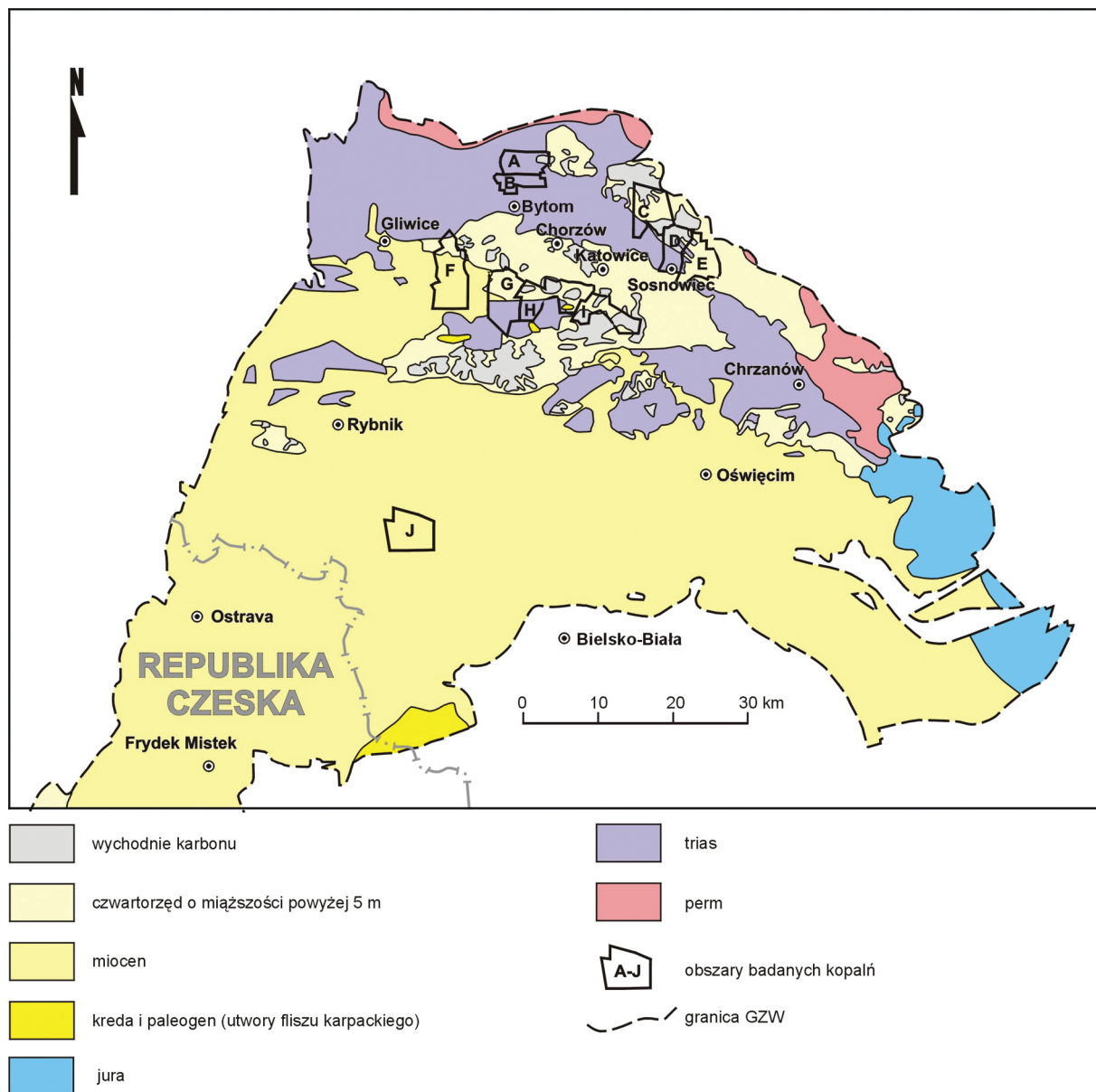
2. Obszar i metodyka badań

Obszar badań *sensu lato* stanowi GZW, które geologicznie obejmuje obszar występowania utworów waryscyjskiego piętra strukturalnego, przykrywających prekambryjski masyw Brunii—Górnego Śląska. Ukształtowało się ono w rowie przedgór-

skim morawsko-śląskiej strefy fałdowej, przekształconym w trakcie ewolucji geologicznej w zapadlisko śródgórskie i ostatecznie przebudowane w czasie orogenezy alpejskiej (KOTAS, 1985). Produktywne osady karbońskie (rys. 1) zalegają



Rys. 1. Szkic geologiczny GZW (wg: GABZDYL, 1994, zmodyfikowano)



Rys. 2. Występowanie utworów nadkładu na stropie karbonu GZW, z zaznaczeniem obszarów górniczych badanych kopalń (wg: JURECZKA *et al.*, 2005, zmodyfikowano)

niezgodnie na starszym podłożu. Przykrywają je również niezgodnie osady mezo- i kenozoiku. W przeważającej części zagłębia nadkład stanowią osady neogenu zapadliska przedkarpackiego, a tylko w peryferycznej NE części zagłębia stanowią osady permu, triasu i jury (rys. 2), młodsze z nich tworzą S skrzydło monokliny śląsko-krakowskiej (GABZDYL, 1994, 1999). Miąższość utworów produkcyjnych jest zróżnicowana, zdecydowanie większa na W niż na E. Pokłady węgla, należące do górnego mississippu oraz dolnego i środkowego pensylwanu (SKOMPSKI, 2006) (namuru i westfalu), występują w czterech seriach litostratygraficznych: serii paralicznej (SP), górnośląskiej serii piaskowcowej (GSP), serii mułowcowej (SM) i krakowskiej serii piaskowcowej (KSP) (tab. 1). Serie te budują skały iłowcowo-mułowcowo-piaskowcowe

z pokładami węgla, pozostające w zróżnicowanych stosunkach granulometrycznych. Bezwęglowe osady górnego pensylwanu (stefanu) oraz triasu i jury są reprezentowane lokalnie, w E i NE części zagłębia, przez osady piaszczysto-ilaste i węglanowe. Przeważająca część zagłębia jest przykryta grubym pakietem przeważnie ilastych osadów neogeńskich, a od południa na GZW nasunięte zostały fliszowe płaszczowiny Karpat. Najmłodsze osady plejstoceno-holoceno występują na całym obszarze zagłębia. Obecny obraz tektoniki zagłębia został ukształtowany na planie budowy podłoża utworów waryscyjskiego piętra strukturalnego i położenia bloku górnośląskiego w ramach śląsko-morawskiej i krakowskiej strefy fałdowej. Czynniki te wpłynęły w decydujący sposób na zróżnicowanie stylu tektonicznego, z przewa-

Tabela 1

Podział litostratygraficzny karbonu GZW (wg: JURECZKA *et al.*, 2005; SKOMPSKI, 2006, zmodyfikowano)

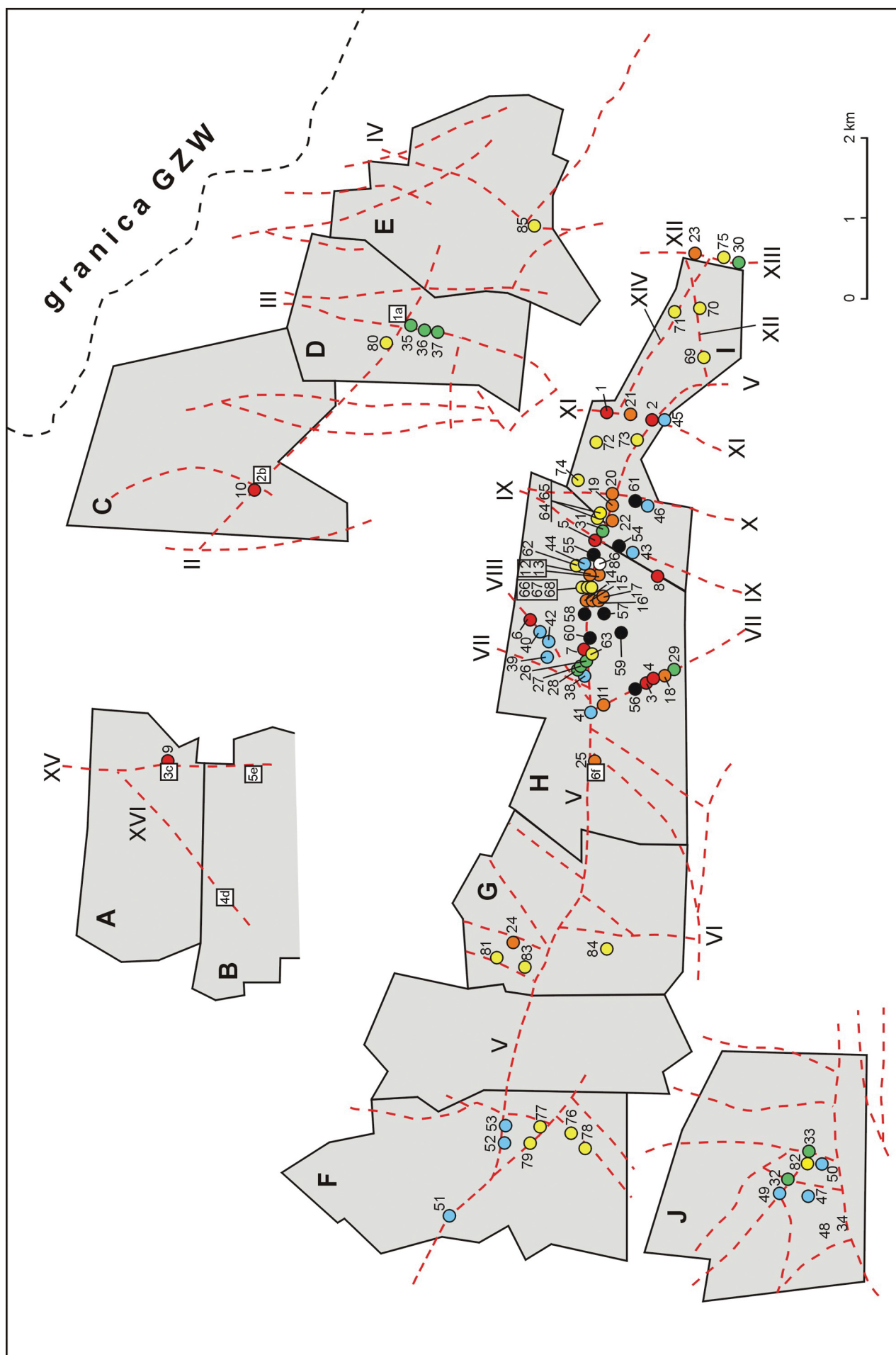
WIEK			CZĘŚĆ POLSKA		CZĘŚĆ CZESKA	
PENSYLVAN	górný	STE-FAN	ARKOZA KWACZAŁSKA			
	środkowy	WESTFAL	KRAKOWSKA SERIA PIASKOWCOWA	luka str.		
				warstwy libiąskie		p. 110
				luka str.		p. 119
				warstwy łaziskie s.l.		p. 201
	dolny	WESTFAL	SERIA MUKŁOWCOWA			p. 209
				warstwy orzeskie s.s.		p. 301
				tufit		p. 327
				warstwy załęskie		
MISSISSIP	górný	NAMUR	GÓRNOŚLAŃSKA SERIA PIASKOWCOWA			
				warstwy rudzkie s.s.		p. 407
						p. 419
				warstwy siodłowe		p. 501
	środ.	NAMUR	SERIA PARALICZNA	luka str.		p. 510
				warstwy jejkowickie		
				luka str.		
				warstwy grodzieckie*	p. m. Gaebler ☼☼ warstwy porębskie p. m. Barbara ☼☼	
						p. 701
				warstwy jakłowieckie		p. 723
WI-ZEN	górný	NAMUR	SERIA PARALICZNA	warstwy florowskie*	p. m. Enna ☼☼ p. 801 warstwy gruszowskie	
						p. 801
				warstwy sarnowskie*	p. m. Nanetta ☼☼ p. 901 warstwy pietrkowickie	
						p. 915
	środ.	WI-ZEN	KULM	WARSTWY MALINOWICKIE	p. m. Štur ☼☼☼☼	
				WARSTWY ZAŁASKIE		
PENSYLVAN	górný	STE-FAN	ARKOZA KWACZAŁSKA			
	środkowy	WESTFAL	KRAKOWSKA SERIA PIASKOWCOWA	luka str.		
				warstwy libiąskie		p. 110
				luka str.		p. 119
				warstwy łaziskie s.l.		p. 201
	dolny	WESTFAL	SERIA MUKŁOWCOWA			p. 209
				warstwy orzeskie s.s.		p. 301
				tufit		p. 327
				warstwy załęskie		
MISSISSIP	górný	NAMUR	GÓRNOŚLAŃSKA SERIA PIASKOWCOWA			
				warstwy rudzkie s.s.		p. 407
						p. 419
				warstwy siodłowe		p. 501
	środ.	NAMUR	SERIA PARALICZNA	luka str.		p. 510
				warstwy jejkowickie		
				luka str.		
				warstwy grodzieckie*	p. m. Gaebler ☼☼ warstwy porębskie p. m. Barbara ☼☼	
						p. 701
				warstwy jakłowieckie		p. 723
WI-ZEN	górný	NAMUR	SERIA PARALICZNA	warstwy florowskie*	p. m. Enna ☼☼ p. 801 warstwy gruszowskie	
						p. 801
				warstwy sarnowskie*	p. m. Nanetta ☼☼ p. 901 warstwy pietrkowickie	
						p. 915
	środ.	WI-ZEN	KULM	WARSTWY MALINOWICKIE	p. m. Štur ☼☼☼☼	
				WARSTWY ZAŁASKIE		
PENSYLVAN	górný	STE-FAN	ARKOZA KWACZAŁSKA			
	środkowy	WESTFAL	KRAKOWSKA SERIA PIASKOWCOWA	luka str.		
				warstwy libiąskie		p. 110
				luka str.		p. 119
				warstwy łaziskie s.l.		p. 201
	dolny	WESTFAL	SERIA MUKŁOWCOWA			p. 209
				warstwy orzeskie s.s.		p. 301
				tufit		p. 327
				warstwy załęskie		
MISSISSIP	górný	NAMUR	GÓRNOŚLAŃSKA SERIA PIASKOWCOWA			
				warstwy rudzkie s.s.		p. 407
						p. 419
				warstwy siodłowe		p. 501
	środ.	NAMUR	SERIA PARALICZNA	luka str.		p. 510
				warstwy jejkowickie		
				luka str.		
				warstwy grodzieckie*	p. m. Gaebler ☼☼ warstwy porębskie p. m. Barbara ☼☼	
						p. 701
				warstwy jakłowieckie		p. 723
WI-ZEN	górný	NAMUR	SERIA PARALICZNA	warstwy florowskie*	p. m. Enna ☼☼ p. 801 warstwy gruszowskie	
						p. 801
				warstwy sarnowskie*	p. m. Nanetta ☼☼ p. 901 warstwy pietrkowickie	
						p. 915
	środ.	WI-ZEN	KULM	WARSTWY MALINOWICKIE	p. m. Štur ☼☼☼☼	
				WARSTWY ZAŁASKIE		
PENSYLVAN	górný	STE-FAN	ARKOZA KWACZAŁSKA			
	środkowy	WESTFAL	KRAKOWSKA SERIA PIASKOWCOWA	luka str.		
				warstwy libiąskie		p. 110
				luka str.		p. 119
				warstwy łaziskie s.l.		p. 201
	dolny	WESTFAL	SERIA MUKŁOWCOWA			p. 209
				warstwy orzeskie s.s.		p. 301
				tufit		p. 327
				warstwy załęskie		
MISSISSIP	górný	NAMUR	GÓRNOŚLAŃSKA SERIA PIASKOWCOWA			
				warstwy rudzkie s.s.		p. 407
						p. 419
				warstwy siodłowe		p. 501
	środ.	NAMUR	SERIA PARALICZNA	luka str.		p. 510
				warstwy jejkowickie		
				luka str.		
				warstwy grodzieckie*	p. m. Gaebler ☼☼ warstwy porębskie p. m. Barbara ☼☼	
						p. 701
				warstwy jakłowieckie		p. 723
WI-ZEN	górný	NAMUR	SERIA PARALICZNA	warstwy florowskie*	p. m. Enna ☼☼ p. 801 warstwy gruszowskie	
						p. 801
				warstwy sarnowskie*	p. m. Nanetta ☼☼ p. 901 warstwy pietrkowickie	
						p. 915
	środ.	WI-ZEN	KULM	WARSTWY MALINOWICKIE	p. m. Štur ☼☼☼☼	
				WARSTWY ZAŁASKIE		

 karbon produktywny

* nazwy warstw stosowane w części wschodniej GZW

zajęciami elementami tektoniki plikatywnej w obrzeżeniu blokowo-fałdowej części NE oraz dysjunktywnej, największej obszarowo, centralnej części zagłębia (KOTAS, 1982, 1985, 1994; BUKOWY, 1984; JURECZKA, KOTAS, 1995). Każda z tych stref jest w większym lub mniejszym stopniu poprzecinana uskokami o zróżnicowanej geometrii i wykształceniu, które mogą być miejscem epigenetycznych zmian niektórych właściwości węgla i skał otaczających pokłady.

Obszar badań *sensu stricto* jest zlokalizowany w rejonie siodła głównego GZW, a jego oś stanowi uskok kłodnicki i pokład węgla 405 warstw załęskich. Próbkę węgla pobrano ponadto z pokładów warstw siodłowych, rudzkich i załęskich z obszaru: niecki bytomskiej — uskokuw radzionkowskiego i bytomskiego, niecki kazimierzowskiej — uskokuw wojkowicko-będzińskiego i klimontowskiego oraz monokliny Zofiówki — uskoku krzyżowickiego (rys. 3) (BUŁA, KOTAS, 1994).



Rys. 3. Lokalizacja pobranych próbek w kopalniach (obszary górnicze wg: JURECZKA *et al.*, 2005, zmodyfikowano)

Badania można podzielić na dwa etapy. Pierwszy — terenowy, obejmował obserwacje, pomiary i opróbowanie prowadzone w wyrobiskach górniczych następujących kopalń węgla kamiennego (KWK) (rys. 4): „Staszic”, „Wujek” (razem z Ruchem „Śląsk”), „Halemba”, „Makoszowy” — rejon uskoku kłodnickiego, „Paryż”, „Porąbka-Klimontów” — rejon uskoku wojkowicko-będzińskiego i klimontowskiego, „Kazimierz-Juliusz” — rejon uskoku jakubowskiego, „Pniówek” — rejon uskoku krzyżowickiego oraz „Powstańców Śląskich + Bytom I” i „Bobrek-Centrum” — rejon uskoku radzionkowskiego i bytomskiego (rys. 3). W procesie restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego w Polsce niektóre z kopalń połączyły się z innymi bądź uległy całkowitej lub częściowej likwidacji, zmieniając często nazwy. W niniejszej pracy lokalizację badań podano za *Atlasem geologiczno-żyzowym...* (JURECZKA *et al.*, 2005). Badaniom poddano zarówno węgiel występujący w treści mineralnej wypełniającej szczelinę uskokową, jak i węgiel w pokładzie. Podstawę badań jakości węgla stanowiły pokładowe próbki bruzdowe pochodzące z 205 punktów pomiarowych (w tym 160 z rejonu uskoku kłodnickiego), początkowo pobierane na odcinku 0,0—20 m od płaszczyzny uskoku, w następujących interwałach odległościowych: 0,0 m, 0,2 m, 0,4 m, 0,6 m, 0,8 m, 1 m, 2 m, 5 m, 8 m, 10 m, 15 m i 20 m. Ponieważ strefa wtórnych zmian węgla nigdzie nie przekroczyła odległości 5 m od powierzchni uskoku, dlatego odcinek badań ograniczono, a dane w tabelach przedstawia się w interwale 0,0—10 m. Degradacyjne zmiany parametrów jakościowych o różnej intensywności stwierdzono w 61 próbkach (29,7%), podwyższenie jakości w 24 próbkach (11,7%), a w 120 próbkach (58,6%) nie stwierdzono istotnych zmian. Wielkość zmian parametrów jakościowych węgla przyjęto za istotną wtedy, kiedy ich wartość przekraczała zmienność w strefach nieprzeobrażonych pokładów węgla. Lokalizację próbek w pokładach, głębokość ich pobrania oraz parametry geometryczne uskoków przedstawiono w tabeli 2.

Obserwacje parametrów wytrzymałościowych skał karbońskich występujących w stropie i spągu pokładów węgla prowadzono zarówno w skrzydle wiszącym, jak i zrzuconym uskoku. Badania wykonano młotkiem odbojnym Schmidta typu N-29 nr 73510 o energii udaru 2,25 J i zasięgu penetracji udaru 0,25—0,35 m. Na tej podstawie obliczono wytrzymałość mechaniczną skał na jednoosiowe ściskanie (KIDYBIŃSKI, 1982). Badania prowadzono na odcinku 0—20 m, wykonując (w zależności od dostępności ociosu) od 10 do 30 pomiarów w 1-metrowych interwałach (w sumie ponad 1100 pomiarów).

Etap drugi — laboratoryjny obejmował badania chemiczne, fizyczne, petrograficzne i strukturalne węgla w podczerwieni. Wykonano je w laboratoriach Uniwersytetu Śląskiego, Głównego Instytutu Górnictwa i Przedsiębiorstwa Geologicznego w Katowicach. Do obróbki uzyskanych wyników zastosowano metody statystyczne dostępne w programie komputerowym STATISTICA. Uzyskane rezultaty interpretowano w nawiązaniu do budowy geologicznej całego obszaru badań, a w szczególności do rejonu obserwowanych uskoków.

Przeprowadzona analiza węgla obejmowała parametry jakościowe (GABZDYL, 1987), charakterystykę spektroskopową w podczerwieni oraz wytrzymałość mechaniczną skał otaczających pokłady węgla.

Analiza własności technicznych i koksowniczych zawiera oznaczenia zawartości: wilgoci (W^a według PN-92/G-04560), popiołu (A^a według PN-92/G-04560), części lotnych (V^{daf} według PN-81/G-04516), ciepła spalania (Q_s^{daf} według PN-81/G-04513) oraz wartości wskaźnika wolnego wydymania (SI według PN-81/G-04515), zdolności spiekania według Rogi (RI według PN-81/G-04518) i własności dylatometrycznych (a — kontrakcji, b — dylatacji, t_1 , t_2 , t_3 — temperatury mięknięcia, kontrakcji i dylatacji, według PN-81/G-04517).

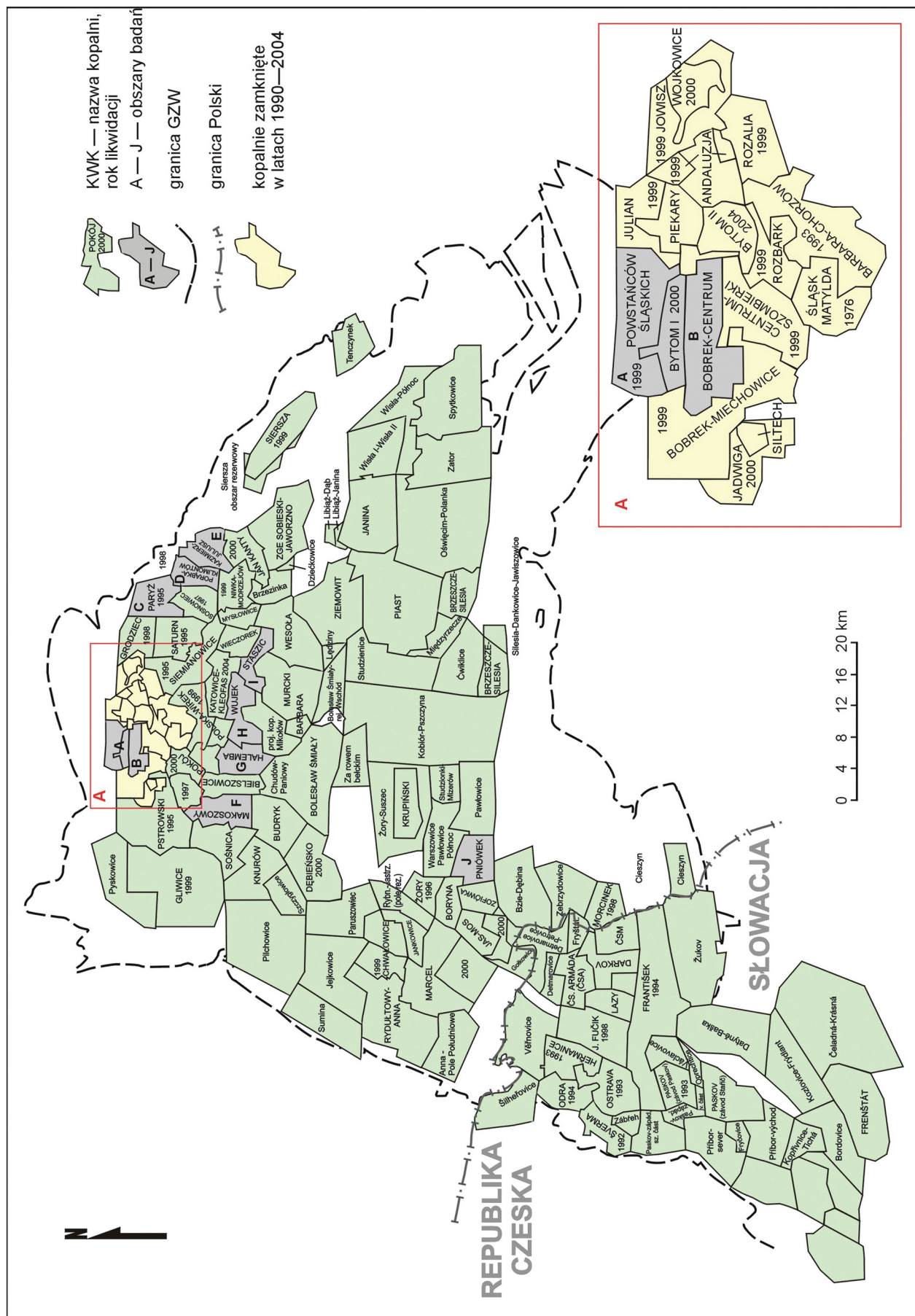
Analiza składu elementarnego objęła oznaczenie zawartości pierwiastków: węgla (C^{daf} według PN-73/G-04521), wodoru (H^{daf} według PN-73/G-04521), tlenu (O^{daf} według PN-73/G-04521), azotu (N^{daf} według PN-79/G-04523) oraz siarki: całkowitej (S_t^a według PN-90/G-04514.16), pirytowej (S_p^a według PN-77/G-04516.11) i siarczanowej ($S_{SO_4}^a$ według PN-77/G-04514.09).

Badania własności fizycznych węgla objęły:

- pomiar zdolności odbicia światła, który wykonano w świetle spolaryzowanym mikroskopem do światła odbitego firmy Opton z mikrofotometrem, stosując ciecz immersyjną o współczynniku załamania światła $\eta_o = 1,5176$, w temperaturze $23 + 273$ K, przy długości fali świetlnej $\lambda = 546$ nm. Wartość średnią zdolności odbicia światła wityrytu (R_m^a według PN-92/G-04524) oznaczono na preparatach o strukturze naruszonej (brykiety), uzyskując dane dla każdej próbki ze 100 punktów pomiarowych,
- pomiar twardości według Vickersa (HV_{50}),
- pomiar stopnia spękania (według GOST 8930-58),
- pomiar gęstości rzeczywistej (d_r według PN-82/G-04537),

Badania petrograficzne węgla objęły:

- oznaczenia zawartości grup macerałów: wityrytu — V, liptynytu — L, inertynytu — I oraz substancji mineralnej — SM, a wykonano je na zgładach brykietowych (według PN-92/G-



Rys. 4. Mapa zagospodarowania górniczego GZW (wg: JURECZKA *et al.*, 2005, zmodyfikowano)

Tabela 2a

Lokalizacja próbek o obniżonej jakości węgla przy powierzchni uskokowej (podtyp 1a) i charakterystyka uskoku

Numer próbki	Kopalnia Węgla Kamiennego	Wyrobisko	Pokład	Uskok	Głębokość [m]	Zrzut [m]	Kąt upadu [°]	Azymut upadu [°]
1	Staszic	pochylnia badawcza E	405	Zuzanna	370	35	70	260
2	Staszic	chodnik główny	405	Zuzanna	421	60	70	255
3	Wujek	dowierzchnia 2	405	środkowy	680	32	60	235
4	Wujek	dowierzchnia 4	405	środkowy	675	40	60	255
5	Wujek	dowierzchnia 12	405	kłodnicki II	623	29	80	225
6	Wujek	pochylnia wentylacyjna	404/5	Arkona	300	20	75	130
7	Wujek	chodnik przyuskok.-badawczy	405	H-25 m	610	25	87	240
8	Wujek	dowierzchnia 11	405	Wojciech	662	30	62	140
9	Powstańców Śl. + Bytom I	chodnik przy ścianie 936	503/504	radzionkowski	650	180	70	65
10	Paryż	pochylnia wodna	501	będziński	390	80	80	255

Tabela 2b

Lokalizacja próbek o obniżonej jakości węgla przy powierzchni uskokowej (podtyp 1b) i charakterystyka uskoku

Numer próbki	Kopalnia Węgla Kamiennego	Wyrobisko	Pokład	Uskok	Głębokość [m]	Zrzut [m]	Kąt upadu [°]	Azymut upadu [°]
11	Wujek	dowierzchnia przyuskokowa	405	środkowy	680	40	60	255
12	Wujek	przekop P-3	405	H-10 m (kłodnicki II)	613	10	80	220
13	Wujek	pochylnia wentylacyjna W	405	kłodnicki II	676	70	50	210
14	Wujek	chodnik materiałowy W	405	H-20 m	625	20	65	235
15	Wujek	chodnik przyuskok.-badawczy	405	H-20 m	625	20	60	225
16	Wujek	dowierzchnia 12	405	kłodnicki II	621	70	80	220
17	Wujek	dowierzchnia 6	405	kłodnicki II	617	70	70	210
18	Wujek	chodnik wodny 2	405	środkowy	695	15	65	220
19	Staszic	przekop do pola L	405	kłodnicki I	430	60	70	230
20	Staszic	przekop do pola L	405	H-11 m (kłodnicki)	573	11	73	230
21	Staszic	chodnik podstawowy	364	Zuzanna	480	80	55	285
22	Staszic	pochylnia wentylacyjna	405	H-2,9 m (kłodnicki)	623	2,9	80	200
23	Staszic	upadowa 1	405	mysłowicki	485	35	65	150
24	Halamba	przekop skrzydłowy	405	H-12 m	380	12	70	235
25	Wujek (Ruch Śląsk)	dowierzchnia 1	416	H-5 m (kłodnicki)	700	5	80	150

Tabela 2c

Lokalizacja próbek o obniżonej jakości węgla przy powierzchni uskokowej (podtyp 1c) i charakterystyka uskoku

Numer próbki	Kopalnia Węgla Kamiennego	Wyrobisko	Pokład	Uskok	Głębokość [m]	Zrzut [m]	Kąt upadu [°]	Azymut upadu [°]
26	Wujek	chodnik przyskokowy	405	H-20 m (kłodnicki)	615	20	85	235
27	Wujek	chodnik przyskokowy	405	H-25 m (kłodnicki)	620	25	75	220
28	Wujek	chodnik przyskokowy	405	kłodnicki II	612	50	80	190
29	Wujek	dowierzhnia 4	405	środkowy	741	45	70	240
30	Staszic	pochylnia badawcza	405	mysłowicki	470	30	60	120
31	Staszic	przekop do pola L	405	kłodnicki	430	100	83	240
32	Pniówek	przekop N-5	362	H-5 m (krzyżowicki)	705	5	70	40
33	Pniówek	upadowa wentylacyjna	404/405	H-5 m (krzyżowicki)	669	5	75	50
34	Pniówek	pochylnia S-1	405/1	H-5 m	850	5	70	50
35	Porąbka-Klimontów	obcinka ściany 506	404/1	H-15 m (klimontowski)	560	15	80	65
36	Porąbka-Klimontów	pochylnia wydobywcza	409	klimontowski	530	30	70	70
37	Porąbka-Klimontów	pochylnia wydobywcza	402	klimontowski	550	80	80	70

Tabela 2d

Lokalizacja próbek o obniżonej jakości węgla przy powierzchni uskokowej (podtyp 1d) i charakterystyka uskoku

Numer próbki	Kopalnia Węgla Kamiennego	Wyrobisko	Pokład	Uskok	Głębokość [m]	Zrzut [m]	Kąt upadu [°]	Azymut upadu [°]
38	Wujek	dowierzhnia 1 E	405	H-2 m	660	1,9	85	295
39	Wujek	dowierzhnia 1	504	środkowy	645	45	60	260
40	Wujek	przekop do p. 510	510	Arkona	690	15	70	145
41	Wujek	dowierzhnia 3	405	środkowy	741	40	65	235
42	Wujek	chodnik objazdowy 3 W	504	Arkona	680	20	70	150
43	Wujek	dowierzhnia 11	405	H-10 m (Wojciech)	684	10	65	230
44	Wujek	dowierzhnia 4	405	H-20 m	644	18	65	220
45	Staszic	chodnik główny	405	H-3 m (Zuzanna)	720	3	50	290
46	Staszic	chodnik XIV-S	405	Jakub	745	70	70	260
47	Pniówek	upadowa do p. 406	406/1	H-15 m	900	15	80	55
48	Pniówek	chodnik S-1	404/4	H-15 m	923	15	75	60
49	Pniówek	przekop N-2	405/406	krzyżowicki I	1030	30	75	55
50	Pniówek	upadowa wentylacyjna	403/2	H-5 m (krzyżowicki)	866	5	75	35
51	Makoszowy	przekop V	405	H-12 m (kłodnicki)	850	12	80	205
52	Makoszowy	przekop IV	405	H-3 m (kłodnicki)	660	3	60	210
53	Makoszowy	przekop II	405	H-6 m (kłodnicki)	850	6	70	200

Tabela 2e

Lokalizacja próbek węgla zmienionych termicznie (podtyp 1e) i charakterystyka uskoku

Numer próbki	Kopalnia Węgla Kamiennego	Wyrobisko	Pokład	Uskok	Głębokość [m]	Zrzut [m]	Kąt upadu [°]	Azymut upadu [°]
54	Wujek	chodnik materiałowy E	405	Wojciech	622	31	70	90
55	Wujek	dowierzhnia 10	405	kłodnicki II	623	70	80	230
56	Wujek	dowierzhnia 3	405	środkowy	741	40	70	240
57	Wujek	dowierzhnia 4	405	H-19 m	741	19	70	235
58	Wujek	chodnik przyuskok.-badawczy	405	kłodnicki II	611	35	65	190
59	Wujek	dowierzhnia 4	405	H-20 m	644	18	65	220
60	Wujek	dowierzhnia 2	405	kłodnicki II	612	50	80	190
61	Staszic	chodnik XIV-S	405	Jakub	745	70	70	260

Tabela 2f

Lokalizacja próbek o podwyższonej jakości węgla przy powierzchni uskokowej (typ 2) i przykładowej próbki bez zmian (typ 3) oraz charakterystyka uskoku

Numer próbki	Kopalnia Węgla Kamiennego	Wyrobisko	Pokład	Uskok	Głębokość [m]	Zrzut [m]	Kąt upadu [°]	Azymut upadu [°]
62	Wujek	dowierzhnia V E	405	H-12 m	680	12	80	220
63	Wujek	dowierzhnia 1	405	H-30 m (kłodnicki II)	650	30	75	185
64	Wujek	chodnik przyuskokowy	405	H-25 m (kłodnicki II)	620	25	60	190
65	Wujek	dowierzhnia 2	405	H-50 m (kłodnicki II)	615	50	75	200
66	Wujek	przekop P-3	405	kłodnicki I	613	160	80	180
67	Wujek	dowierzhnia 10	405	kłodnicki II	623	70	80	230
68	Wujek	chodnik przyuskokowy	405	kłodnicki II	611	35	65	190
69	Staszic	chodnik odstawczy	405	Wesoła	502	25	76	175
70	Staszic	upadowa odstawcza 5	405	Wesoła	500	25	70	180
71	Staszic	chodnik 5	405	równoleżnikowy	510	5	80	210
72	Staszic	ściana 301a	501/2	H-3 m	720	2,3	70	200
73	Staszic	pochylnia równoległa SW	405	kłodnicki	650	40	76	200
74	Staszic	upadowa do p. 407	407/1	H-2 m	510	2	62	30
75	Staszic	pochylnia badawcza	405	H-2 m (mysłowski)	490	2	90	130
76	Makoszowy	diagonala 045	405/1	H-40 m	850	40	70	265
77	Makoszowy	chodnik badawczy 201	502	H-16 m	660	16	85	30
78	Makoszowy	chodnik badawczy 201	501	H-10 m	660	10	65	15
79	Makoszowy	przecinka ściany k 65	407/2	H-10 m	530	10	70	195
80	Porąbka-Klimontów	pochylnia wydobywczą	402	będziński	550	80	80	200
81	Halemba	chodnik ściany 2	415/1	H-15 m	600	15	60	250
82	Pniówek	upadowa wentylacyjna	404/2	krzyżowicki I	705	15	70	55
83	Halemba	przekop wentylacyjny	413/2	H-40 m	525	40	75	245
84	Halemba	przekop do p. 402	402	H-35 m (halembski)	830	35	80	190
85	Kazimierz-Juliusz	chodnik 20	510	jakubowski	640	20	60	255
86	Wujek	przekop P-4	405	kłodnicki II	620	120	70	185

Tabela 2g
Lokalizacja próbek do badań własności geomechanicznych skał i charakterystyka uskoku

Numer próbki	Kopalnia Węgla Kamiennego	Wyrobisko	Pokład	Uskok	Głębokość [m]	Zrzut [m] Skrzydło	Kąt upadu [°]	Azymut upadu [°]
1a	Porąbka-Klimontów	pochylnia wydobywcza	402	H-20 m (klimontowski)	550	20 w	80	70
2b	Paryż	pochylnia wodna	501	wojkowicko-będziński	390	80 z	80	255
3c	Powstańców Śl. + Bytom I	chodnik przy ścianie 936	503/504	radzionkowski	650	180 w	70	65
4d	Bobrek-Centrum	dowierzchnia 2	507	bytowski	690	12 z	70	320
5e	Bobrek-Centrum	chodnik wentylacyjny	504	radzionkowski	670	160 z	65	75
6f	Wujek (Ruch Śląsk)	dowierzchnia 1	416	H-5 m (kłodnicki)	700	5 w	80	150

O b j a ś n i e n i a: skrzydło uskoku: w — wiszące, z — zrzucane.

-04529), z uwzględnieniem zaleceń ICCP. Węgle niezmienione sklasyfikowano zgodnie z: Polską Klasyfikacją Węgla Kamiennych według Typów (PKWKT) (PN-82/G-97002), Międzynarodowym Systemem Kodyfikacji Węgla (MSKW) (ECE Genewa, 1988) oraz Międzynarodową Klasyfikacją Węgla w Pokładzie (MKWP) (ECE Genewa, 1993). PKWKT uwzględnia parametry analizy technicznej i własności koksownicze oraz skład petrograficzny, oznaczając typ węgla dwu- i trzycyfrowym wskaźnikiem, w niektórych przypadkach z oznaczeniem literowym. MSKW bazuje na własnościach chemiczno-technologicznych, optycznych i składzie petrograficznym opisa-

nych 14-cyfrowym kodem. Natomiast MKWP opiera się na stopniu uwęglenia, składzie petrograficznym i stopniu zanieczyszczenia węgla substancją mineralną.

W celu uzupełnienia charakterystyki własności węgla wybrane próbki poddano badaniom spektroskopowym w podczerwieni, z użyciem spektroskopu FT-IF MAGNA 560. Badania oparto na porównaniu intensywności pasm pochodzących od ugrupowań alifatycznych, aromatycznych i tlenowych.

Analizy budowy geologicznej badanego obszaru dokonano na podstawie map pokładowych, profili otworów wiertniczych i przekrojów geologicznych wykonanych w działach geologicznych poszczególnych kopalń oraz dostępnej literatury.

3. Charakterystyka jakościowa węgla niezmienionego z obszaru badań

Charakterystyka dotyczy węgla o niezmienionych wtórnie własnościach (tabela 3). Jej podstawę stanowią dane uzyskane z obszarów, gdzie nie stwierdzono wtórnych zmian w rejonie uskoku, z odcinka obejmującego odległość od 5 m do 50 m od powierzchni uskoku w przypadku zmian jakości węgla (najczęściej od 5 m do 10 m), danych uzyskanych z kopalń, dokumentacji geologicznych, prac niepublikowanych oraz publikacji (m.in. GABZDYL, 1969, 1970, 1987; KRUSZEWSKA, OLSZEWSKA, 1978; KRUSZEWSKA, 1982; KOTAS *et al.*, 1983; GABZDYL, PROBIERZ, 1987; SKOWRONEK, 1987; ĆMIEL, 1988 a, 1992, 1997; PROBIERZ, 1989; KRUSZEWSKA, DYBOVA-JACHOWICZ, 1997; GABZDYL *et al.*, 1994, 1995; PROBIERZ, KOMOREK, 1994; NEY, KOTARBA (red.) 1995; JURCZAK-DRABEK, 1996; PROBIERZ, MGŁOSIEK, 1999; PROBIERZ (red.) 2003; JURECZKA *et al.*, 2005). Ze względu na zróżnicowanie regionalne wyróżniono kilka obszarów złożowych obejmujących kopalnie (rys. 4):

- I. „Wujek”, „Staszic”, „Wesoła”.
- II. „Halemba”, „Makoszowy”, „Bielszowice”.
- III. „Paryż”, „Porąbka-Klimontów”, „Kazimierz-Juliusz”.
- IV. „Powstańców Śląskich + Bytom I”, „Bobrek-Centrum”.
- V. „Pniówek”, „Zofiówka”, „Jas-Mos”.

Wartości wybranych parametrów jakościowych węgla scharakteryzowano, podając wartość maksymalną, minimalną i średnią (dla wskaźnika wolnego wydymania tylko numery koksików), a ich zróżnicowanie określono współczynnikiem zmienności (NIEĆ, 1990).

Wartości parametrów węgla przedstawiono w tabeli 3, natomiast omówiono tylko te, które decydują o ich stopniu uwęglenia, wartości gospodarczej i zmienności.

W pierwszym z wydzielonych obszarów złożowych, obejmującym kopalnie „Wesoła”, „Staszic” i „Wujek”, występują węgle niskouwęglone płomienne i gazowo-płomienne, co odzwierciedlają wartości parametrów jakościowych badanego węgla. Średnia wartość wybranych parametrów przedstawia się następująco: wskaźnika odbicia światła wityritu — 0,76% (0,67—0,83%), zawartość części lotnych — 34,7% (30,5—43%), zawartość pierwiastka węgla — 82,4% (77,8—85,1%), ciepła spalania 32,7 MJ/kg (28—34,6 MJ/kg), spiekalności 12,9 (0,0—38).

Węgiel charakteryzuje się niską: gęstością rzeczywistą — średnio 1,33 Mg/m³ (1,24—1,52 Mg/m³), zawartością popiołu (2,4—16,4%, średnio 8,6%) i siarki całkowitej (0,29—3,96%, średnio 0,85%).

Zmienność omawianych parametrów w większości przypadków jest mała, a współczynnik zmienności waha się od 1,1% do 57%. Zmienność przeciętną wykazuje jedynie zawartość siarki, spiekalność, a kontrakcja zaś — zmienność dużą. Pod względem petrograficznym węgiel omawianego obszaru złożowego zawiera średnio 56,1% (45—67%) macerałów grupy wityritu, 11,3% (5—18%) grupy liptynitów i 27,3% (14—43%) grupy inertynitów, a substancja mineralna stanowi 6,2% (1—24%). Zmienność zawartości składników petrograficznych jest zróżnicowana (współczynnik zmienności 10,9—126,8%), mała jest wityritu, przeciętna liptynitów i inertynitów, bardzo duża substancji mineralnej.

Występujący tu węgiel według PKWKT reprezentuje typy od 31.1 do 32.2, a według MSKW można je oznaczyć kodem 07-0-2-3-0-34-08-08-32. Natomiast MKWP pozwala zaliczyć badane węgle do średniouwęglonych typu C — ortobitumicznych,

Tabela 3

Charakterystyka węgla niezmienionych z obszaru badań

3a. Wskaźniki analizy technicznej

3b. Wskaźniki analizy elementarnej

Rejon	W ^a [%]	A ^a [%]	V ^{daf} [%]	Q _v ^{daf} [MJ/kg]	N ^{daf} [%]	O ^{daf} [%]	C ^{daf} [%]	H ^{daf} [%]	S _t ^a [%]	S _p ^a [%]	S _{so₄} ^a [%]
I Obszar złożowy	1,50—5,12 3,05/9,6	2,4—16,4 8,6/13,8	30,5—43,0 34,7/3,0	28,0—34,6 32,7/2,0	1,18—1,75 1,47/3,5	7,6—15,2 10,0/7,7	77,8—85,1 82,4/1,1	3,12—6,31 5,03/8,8	0,29—3,96 0,85/29,0	0,17—2,35 0,41/15,3	0,00—0,07 0,02/12,8
II Obszar złożowy	2,11—6,42 4,15/6,4	5,6—16,8 9,4/14,7	34,1—40,5 37,2/5,8	26,7—35,2 31,0/4,1	1,15—1,65 1,48/3,3	6,2—18,6 9,6/14,3	80,2—85,3 82,8/2,0	4,92—5,64 5,10/1,4	0,40—1,61 0,75/13,8	0,14—0,95 0,29/8,1	0,00—0,04 0,01/8,2
III Obszar złożowy	4,36—8,08 6,65/6,0	3,9—14,5 9,0/7,7	32,7—40,9 37,2/3,1	29,6—33,2 30,7/1,6	1,42—1,62 1,52/3,7	10,8—16,5 13,6/7,0	76,9—82,2 79,3/1,0	4,20—5,33 4,71/6,7	0,45—1,26 0,80/26,1	0,28—0,76 0,32/10,5	0,00—0,03 0,01/7,2
IV Obszar złożowy	2,01—3,90 3,32/23,1	8,7—25,4 16,4/40,9	38,8—43,8 40,3/5,3	31,4—32,5 32,0/1,3	1,38—1,52 1,48/3,7	11,2—20,4 14,2/27,5	72,6—81,8 78,6/4,8	4,03—5,10 4,72/11,1	0,60—1,08 0,86/21,2	0,35—0,64 0,31/15,4	0,00—0,01 0,00/2,1
V Obszar złożowy	0,17—9,45 1,08/8,0	2,4—22,0 7,7/22,2	10,4—37,7 25,4/4,6	30,4—38,2 34,9/4,8	1,08—2,35 1,55/8,6	3,7—11,9 6,0/9,7	81,2—89,7 86,8/0,6	3,53—5,72 4,82/5,6	0,18—1,28 0,51/18,3	0,11—0,82 0,18/15,2	0,00—0,02 0,00/3,4

3c. Wskaźniki własności koksowniczych

Rejon	RI	SI	a [%]	b [%]	t ₁ [°C]	t ₂ [°C]	t ₃ [°C]	R _m ^a [%]	d _r [Mg/m ³]	HV ₅₀ [10 ³ Pa]
I Obszar złożowy	0,0—38,0 12,9/57,0	1—2	2,0—46,0 15,8/44,2	brak brak	374—420 390,9/1,4	405—470 440,4/1,2	brak brak	0,67—0,83 0,76/2,3	1,24—1,52 1,33/2,6	30—45 36,5/10,3
II Obszar złożowy	0,0—69,0 29,3/56,3	1—6	0,0—33,0 18,5/30,2	–13—110 51,2/43,8	385—415 393,0/1,0	400—425 410,0/0,8	450—480 465,0/1,5	0,76—1,09 0,92/2,7	1,32—1,69 1,41/3,6	27—38 32,1/11,3
III Obszar złożowy	0,0—5,0 0,3/74,5	1—2	4,0—15,0 7,7/25,4	brak brak	380—400 389,4/1,2	405—465 428,9/1,1	brak brak	0,58—0,70 0,64/3,0	1,32—1,45 1,40/2,1	24—35 28,9/12,7
IV Obszar złożowy	0,0—5,0 1,0/223,6	1—2	4,0—9,0 6,6/31,4	brak brak	380—385 382,1/0,7	400—405 402,0/0,7	brak brak	0,61—0,68 0,65/3,9	1,41—1,63 1,51/5,9	21—28 24,8/7,3
V Obszar złożowy	0,0—87,0 53,7/12,7	1—8	0,0—28,0 20,7/14,0	27—107 59,1/41,3	385—410 395,6/1,7	405—440 423,3/1,7	463—486 475,1/1,5	0,98—1,23 1,13/3,3	1,24—1,52 1,31/3,2	30—53 41/16,1

3d. Wskaźniki własności fizycznych

3e. Skład petrograficzny i typ węgla

Rejon	V [%]	L [%]	I [%]	SM [%]	Typ węgla	Kod MSKW
I Obszar złożowy	45—67 56,1/10,9	5—18 11,3/38,5	14—43 27,3/32,4	1—24 6,2/126,8	31.1—32.2 07-0-2-3-0-34-08-08-32	
II Obszar złożowy	53—70 62,2/12,0	11—35 15,0/58,5	7—25 16,1/40,2	5—12 7,0/34,9	31.1—34.2 09-0-1-4-4-36-09-07-30	
III Obszar złożowy	54—72 61,4/11,3	5—12 8,1/31,0	18—28 25,0/15,8	2—12 6,0/61,0	31.1—31.2 06-0-2-4-0-36-08-07-31	
IV Obszar złożowy	44—52 49,0/5,5	12—20 17,0/16,2	23—29 26,2/9,0	5—12 8,1/31,4	31.1—31.2 06-0-2-4-0-40-16-08-32	
V Obszar złożowy	42—79 63,1/19,5	2—20 10,2/59,9	15—36 20,0/75,2	1—14 7,3/63,3	31.1—38 11-0-3-2-5-24-07-05-34	

Objaśnienia: wartości w tabeli: minimalna — maksymalna
średnia / wskaźnik zmienności; dla SI nr koksu: minimalny —
maksymalny; oznaczenia parametrów we wszystkich tabelach, jak
w objaśnieniach symboli.

wysokowitrynitowych oraz nisko- i średniopopiołowych.

W drugim obszarze złożowym (kopalnie „Hałęmba”, „Bielszowice” i „Makoszowy”) występuje węgiel nisko- i średniouwęglony, z przewagą węgla gazowo-koksowego. Wartości parametrów decydujących o jego użyteczności przedstawiają się następująco: popiół — 9,4% (5,6—16,8%), części lotne — 37,2% (34,1—40,5%), ciepło spalania — 31 MJ/kg (26,7—35,2 MJ/kg), pierwiastek węgiel — 82,8% (80,2—85,3%), siarka całkowita — 0,75% (0,4—1,61%), wskaźnik odbicia światła wityryny — 0,92% (0,76—1,09%), gęstość rzeczywista — 1,41 Mg/m³ (1,32—1,69 Mg/m³), spiekalność — 29,3 (0,0—69). Zmienność omawianych parametrów w większości przypadków jest mała, wskaźnik zmienności zaś waha się od 0,8% do 56,3%. Pod względem petrograficznym węgiel ten zawiera przeciętnie 62,2% (53—70%) macerałów grupy wityryny, 15% (11—35%) grupy liptyny i 16,1% (7—25%) grupy inertyny, substancja mineralna stanowi około 7% (5—12%). Zmienność zawartości poszczególnych grup macerałów i substancji mineralnej jest mała dla wityryny, przeciętna dla substancji mineralnej i duża dla pozostałych (34,9—58,5%). Występujące tu węgle według PKWKT reprezentują typy od 31.1 do 34.2, z przewagą węgla gazowo-koksowego. Według MSKW można je oznaczyć kodem 09-0-1-4-4-36-09-07-30, natomiast MKWP pozwala zaliczyć badane węgle do średniouwęglonych typów C i B — orto- i metabitumicznych, wysokowitrynitowych oraz nisko- i średniopopiołowych.

Parametry charakteryzujące stopień uwęglenia pokładów węgla w trzecim — dąbrowskim obszarze złożowym, obejmującym kopalnie „Paryż”, „Porąbka-Klimontów” i „Kazimierz-Juliusz”, przyjmują najniższe z obserwowanych wartości. Dominują tu węgle płomienne z przewagą typu 31.1. Wartość średnia refleksyjności wityryny wynosi tylko 0,64% (0,58—0,70%), zawartość pierwiastka węgla wynosi 79,3% (76,9—82,2%), a części lotnych 37,2% (32,7—40,9%). Ciepło spalania wykazuje najniższą wartość średnią spośród badanych rodzajów węgla — 30,7 MJ/kg (29,6—33,2 MJ/kg), podobnie jak spiekalność 0,3 (0,0—5). Niska jest również zawartość popiołu 9% (3,9—14,5%), siarki całkowitej 0,8% (0,45—1,26%), a gęstość rzeczywista jest średnia i wynosi 1,4 Mg/m³ (1,32—1,45 Mg/m³). Zmienność omawianych parametrów w większości przypadków jest mała, a współczynnik zmienności przyjmuje wartości od 1% do 74,5%. Zmienność przeciętną wykazuje jedynie zawartość siarki całkowitej i kontrakcja, a spiekalność wykazuje zmienność dużą. Pod względem petrograficznym węgiel omawianego obszaru złożowego za-

wierają średnio 61,4% (54—72%) macerałów grupy wityryny, 8,1% (5—12%) grupy liptyny i 25% (18—28%) grupy inertyny, a substancja mineralna stanowi około 6% (2—12%). Zmienność zawartości inertyny i wityryny jest mała, liptyny przeciętna, a substancji mineralnej duża.

Według PKWKT występuje tu węgiel płomienny typu 31.1, 31.2, który według MSKW można oznaczyć kodem 06-0-2-4-0-36-08-07-31. MKWP pozwala typy te zaliczyć do średniouwęglonych C — orbitumicznych, wysokowitrynitowych oraz nisko- i średniopopiołowych.

Parametry jakościowe węgla z rejonu kopalń „Powstańców Śląskich + Bytom I” i „Bobrek-Centrum” (czwarty obszar złożowy) wykazują wartości podobne do rejonu dąbrowskiego. Występuje tu tylko węgiel płomienny z przewagą typu 31.2. Średnia wartość parametrów określających kierunek wykorzystania węgla przedstawia się następująco: ciepła spalania — 32 MJ/kg (31,4—32,5 MJ/kg), refleksyjności wityryny — 0,65% (0,61—0,68%), zawartości pierwiastka węgla — 78,6% (72,6—81,8%), części lotnych — 40,3% (38,8—43,8%), popiołu — 16,4% (8,7—25,4%), siarki całkowitej — 0,86% (0,6—1,08%), gęstości rzeczywistej 1,51 Mg/m³ (1,41—1,63 Mg/m³), a spiekalności praktycznie brak (0,0—5). Podobnie zmienność analizowanych parametrów w większości przypadków jest mała, współczynnik zmienności mieści się w przedziale od 0,7% do 223,6%. Zmienność przeciętną wykazuje siarka, dużą popiół, a skrajnie dużą spiekalność. Pod względem petrograficznym węgiel omawianego obszaru złożowego jest bardziej zróżnicowany w stosunku do obszaru dąbrowskiego, zawiera mniej macerałów grupy wityryny, średnio 49% (44—52%), więcej grupy liptyny 17% (12—20%) oraz podobną inertyny 26,2% (23—29%) i substancji mineralnej 8,1% (5—12%). Zmienność zawartości macerałów poszczególnych grup jest mała, a substancji mineralnej przeciętna.

Występujące na tym obszarze węgle płomienne według PKWKT reprezentują typy 31.1 i 31.2, które według MSKW można oznaczyć kodem 06-0-2-4-0-40-16-08-32, MKWP z kolei pozwala je zaliczyć do średniouwęglonych typu C — orbitumicznych, lokalnie wysokowitrynitowych oraz od nisko- do wysokopopiołowych.

Zdecydowanie wyższy stopień uwęglenia i zróżnicowania typów reprezentuje węgiel piątego obszaru złożowego (w rejonie Jastrzębia kopalnie „Jas-Mos”, „Zofiówka” i „Pniówek”). Średnia wartość najważniejszych w aspekcie użytkowym parametrów węgla jest zróżnicowana. Zawartość pierwiastka węgla wynosi 86,8% (81,2—89,7%), wartość ciepła spalania to 34,9 MJ/kg (30,4—38,2 MJ/kg), spiekalność — 53,7 (0,0—87), a refleksyj-

ność witrynu — 1,13% (0,98—1,23%) jest najwyższa z obserwowanych. Ponadto węgle te charakteryzują się niską zawartością popiołu 7,7% (2,4—22%), siarki całkowitej 0,51% (0,18—1,28%), części lotnych 25,4% (10,4—37,7%) i gęstością rzeczywistą 1,31 Mg/m³ (1,24—1,52 Mg/m³). Większość z nich to cenny dla przemysłu węgiel koksowy. Zmienność zdecydowanej większości parametrów w omawianym rejonie jest mała, wskaźnik zmienności mieści się w przedziale od 0,6% do 41,3%. Skład petrograficzny węgla w tym rejonie nie odbiega zbyt od pozostałych rejonów, a jedynie zawartość macerałów grupy witrynu jest wysoka i wynosi średnio 63,1% (42—79%), liptynitu 10,2%

(2—20%), inertynitu 20% (15—36%), a substancji mineralnej 7,3% (1—14%). Skład petrograficzny węgla wykazuje dużą zmienność (59,9—75,2%), za wyjątkiem witrynu (19,5%).

Występujący na tym obszarze węgiel według PKWKT reprezentują typy od 31.1 do 38. Głównie jest to węgiel gazowy typu 33, gazowo-koksowy typu 34 i ortokoksowy typu 35. Według MSKW można je oznaczyć kodem 11-0-3-2-5-24-07-05-34, natomiast według MKWP można je zaklasyfikować do typu średniouwęglonych — metabitumicznych typu B, wysokowitrynitowych, lokalnie wysoko-inertynitowych oraz nisko-, średnio- i wysokopopiołowych.

4. Stan badań nad epigenetycznymi zmianami skał węglonośnych

Pojęcie epigenetycznych zmian skał węglonośnych obejmuje proces wietrzenia skał, w tym również kopalnej materii organicznej, a więc i węgla. Proces ten zachodzi pod wpływem czynników egzogenicznych, których działanie prowadzi do degradacji jakości węgla i skał otaczających pokłady. Degradacja utworów węglonośnych polega głównie na obniżeniu wytrzymałościowych parametrów skał i użytkowych węgla przez zmianę składu chemicznego i własności fizycznych, prowadzących aż do zaniku pokładu. Zmiany te obniżają w dużym stopniu wartość całego złoża. Główną przyczyną tych zmian są reakcje z tlenem atmosferycznym, zachodzące w warunkach zróżnicowanych temperatur (KOWALSKI, 1977; GRAY, 1982; STACH *et al.*, 1982; GABZDYL, 1987; VAN KREVELEN, 1993; MARTINEC, DOPITA, 1997; KRUSZEWSKA, DYBOVA-JACHOWICZ, 1997; TAYLOR *et al.*, 1998; KWIECIŃSKA, PETERSEN, 2004). Utwory węglonośne podlegają zwietrzeniu w strefach wychodni utworów karbońskich, w wyrobiskach górniczych, w składowiskach urobionego węgla i odpadów pogórnich oraz strefach dysjunktywnych.

Powszechnie znane i najczęściej opisywane w literaturze jest występowanie utlenionych (zwietrzałych) skał karbonu produktywnego w strefach przypowierzchniowych, które w GZW są reprezentowane przez tzw. utwory pstre. Pierwsze wzmianki o tych utworach pochodzą od D. ŠTÚRA (1877 w: DOPITA, 1988). Problem zmienionego wietrzeniowo węgla i skał na wychodniach pokładów i w rejonie utworów pstrych, nie tylko w GZW, był przedmiotem licznych opracowań badaczy czeskich (m.in.: DOPITA, PETRÁNEK, 1955; HAVLENA, 1972; DOPITA, KRÁLIK, 1973, 1979; KRÁLIK, 1980; DOPITA *et al.*, 1984; DOPITA, 1988, 1994; KLIKA, 1990, 1998, 1999; ŠTRÉLEC, MARTINEC, 1992; KRAUSSOVÁ, 1993;

MARTINEC, 1994, 1997; TARABA *et al.*, 1995, 2006; ŠÝKOROVÁ *et al.*, 1996; MARTINEC, DOPITA, 1997; KLIKA, OSOVSKY, 1999) oraz polskich (m.in.: BOROWSKI, 1969; KOWALSKI, 1977, 1982, 1983; WAGNER, 1983; GABZDYL, SKOCZOWSKA-GÓRKA, 1996; LIPIARSKI, 1997, 2001; LIPIARSKI, WĄSIK, 1998; LIPIARSKI *et al.*, 1998; LIPIARSKI, MUSZYŃSKI, 2001; ĆMIEL, FABIAŃSKA, 2004). Występowanie utworów pstrych wiąże się z różnymi formami morfologicznymi (MARTINEC, DOPITA, 1997; LIPIARSKI, 2001; KLIKA, 1999; KLIKA, OSOVSKY, 1999; KLIKA *et al.*, 2004). W ujęciu geomorfologicznym określa się je jako saprolit i regolit. W GZW wyróżnia się utwory, serie i warstwy pstre (JURA, 2001). Zdefiniowano je litologicznie jako: pstre wietrzeliska (GILEWSKA, 1991), pstre zwietrzeliny, fosylne wietrzenie karbonu (LIPIARSKI, 1997), zwietrzelinowy płaszcz (MARTINEC, DOPITA, 1997), formację wietrzeniową (kora) z Jastrzębia (JURA, 1994). Pokrywa wietrzeniowa przez strefę odbarwioną i pstrą podpokrywową przechodzi w niezwietrzałe podłoże. W wyniku wietrzenia (utleniania) zmieniła się znacznie barwa skał płonnych. Nośnikami charakterystycznego pstrego ich zabarwienia są następujące minerały: czerwonego — hematyt, czarnego — maghemit, zielonego — illit.

Przyjmuje się, że utwory pstre mogły powstawać zarówno w procesach wietrzenia, jak i w wyniku zmian termicznych (samonagrzewanie się węgla, pożary na wychodniach pokładów). Węgiel pokładów występujących powyżej dolnej granicy tych osadów został bardziej uwęglony, a w rejonie bezpośredniego oddziaływania zmian termicznych uległ skoksowaniu lub spaleniowi, o czym świadczą brekcje powstałe po wypaleniu węgla. Stopień przeobrażenia skał płonnych pokazuje, że zostały one poddane działaniu temperatur rzędu kilkuset

do nawet 1273 K (KRÁLIK, 1984). O ich postsedymentacyjnej genezie świadczy wymieszanie różnych granulometrycznie typów skał, z zachowaniem cyklicznej budowy, struktury i tekstury (KOWALSKI, 1977, 1982; KRÁLIK, 1982; MARTINEC, DOPITA, 1997; LIPIARSKI, MUSZYŃSKI, 2001).

Ze względu na skład mineralny W.M. KOWALSKI (1977, 1982) wyróżnia trzy etapy przemian utworów pstrych: degradację wietrzeniową, zmiany termiczno-kontaktowe i zmiany epigenetyczne. W pierwszym etapie wyróżnia dwa stadia: stadium pierwsze, w którym przeważają procesy degradacyjne, a wietrzenie biotytu doprowadziło do powstania chlorytu pierwszej generacji, illitu zaś do przejścia w kaolinit drugiej generacji. Dalsza degradacja minerałów ilastych prowadziła do powstania wtórnego haloizytu, hydrohaloizytu i alofanu. Wietrzenie minerałów siarczkowych, głównie pirytu, dało w efekcie jarosyt. Z tym stadium autor wiąże początek utleniania węgla. W drugim stadium przeobrażeń degradacyjnych dochodziło do powstawania wolnych wodorotlenków glinu (gibbsytu), proces zaś utleniania minerałów siarczkowych i jarosytu doprowadził do powstania hematytu, maghemitu i lokalnie goethytu. Kwarc podlegał spękaniu i korozji wietrzeniowej. Zmiany termiczno-kontaktowe autor ten uznaje za przejaw kata- lub epigenezy. W tym etapie procesy miały charakter agradacyjny, związany z doprowadzaniem alkaliów i krzemionki, z równoczesnym odprowadzeniem żelaza i glinki. Efektem była postępująca zeolitizacja i sylikifikacja utworów pstrych. W etapie trzecim — zmian epigenetycznych — procesy znowu miały charakter degradacyjny, związany ze spadkiem stężenia krzemionki i potasu. Prowadziło to w pierwszym stadium do krystalizacji zeolitów, w drugim do smektytyzacji, a w trzecim do krystalizacji minerałów węglanowych, głównie kalcytu i syderytu.

I. LIPIARSKI (2001) wyróżnia następujące odmiany utworów pstrych: słabozwietrzałe skały ilaste i okruchowe o pstrej barwie i z hematytem, rezydum powęglowe powstałe ze skoncentrowanej materii mineralnej występującej w pokładzie przed zwietrzeniem lub spalaniem węgla, brekcje zawałowe i porcelanity o różnym stopniu termicznego przeobrażenia.

Generalnie, ze względu na intensywność przeobrażeń wietrzeniowych, wyróżnia się słabo- i silnieprzeobrażone skały (odpowiednio: w temperaturze do i powyżej 673 K). Większość wystąpień należy do słaboprzeobrażonych. Od niezmiennych różnią się zabarwieniem i niestabilnością niektórych minerałów — np. hematyzacją biotytu, wykazują natomiast jeszcze formę warstwy równoległej do obecnej powierzchni stropu karbonu, ale zaburzonej późniejszą erozją.

Utwory silnieprzeobrażone wykazują daleko idące zmiany formy i składu, a skały swoimi własnościami przypominają porcelanity. Kaolinit, haloizyt czy montmorillonit zostały przeobrażone w cristobalit i mulit, muskowit stał się izotropowy, biotyt uległ hematyzacji, krzemionka przeszła w kwarc, a w piaskowcach pojawiły się zeolity. Geochemię i mineralogię pstrych warstw opracowali w głównej mierze J. KRÁLIK (1982), W.M. KOWALSKI (1983) i Z. KLIKA (1991, 1998).

Naturę procesu utleniania samego węgla w naturalnych i laboratoryjnych warunkach badali między innymi: GOODARZI, MURCHISON (1976), CLAYTON, SWETLAND (1978), CHANDRA (1982), CLAYTON, KING (1987), NELSON (1989), BAILEY *et al.* (1990), WAPLES, MACHIHARA (1991), BEND, KOSŁOSKI (1993), KLIKA, KRAUSOVÁ (1993), PISUPATI, SCARONI (1993a, b), VAN KREVELEN (1993), CALEMMMA *et al.* (1995), TARABA *et al.* (1995), KRUSZEWSKA, du CANN (1996), SÝKOROVÁ *et al.* (1996), KLIKA (1998), KURKOVÁ *et al.* (2003), KLIKA *et al.* (2004). Utlenianie węgla (degradacja wietrzeniowa) prowadzi do zmian jego własności fizycznych (refleksyjność, fluorescencja, gęstość, twardość, zwężłość), chemiczno-technologicznych (skład elementarny, własności koksownicze, wartość opałowa, wielkość uzysku i jakość produktów karbonizacji i inne), składu petrograficznego (zanik liptynitu, dominacja witrynit, zmiana barwy i obecność utlenionych obwódek wokół ziaren witrynit, pojawienie się mikroszczelin i spękań), zmian strukturalnych (wzrost stosunku węglowodorów alifatycznych do aromatycznych kosztem szybkiego utleniania tych ostatnich) (m.in. STACH *et al.*, 1982; CLAYTON, KING, 1987; GABZDYL, 1987; TAYLOR *et al.*, 1998).

Zarówno intensywność, jak i szybkość zmian wietrzeniowych węgla zależy od dostępu tlenu, temperatury, czasu utleniania i stopnia uwęglenia. Bardzo istotnym czynnikiem wietrzenia jest temperatura. Wraz z jej wzrostem obniża się ekstrahowalność bitumin z węgla oraz zawartość grup tlenowych, szczególnie karboksylowych, karbonylowych i estrowych (LANDAIS *et al.*, 1991). Ze wzrostem temperatury wietrzenia rośnie początkowo (w niewielkim stopniu) refleksyjność i mikrotwardość witrynit. Zmiany refleksyjności witrynit są tym większe, im wyższa temperatura i ciśnienie medium utleniającego (CALEMMMA *et al.*, 1995), dlatego utlenianie węgla rozpatruje się w dwóch zakresach temperatur — do 425 K i powyżej (STACH *et al.*, 1982; GABZDYL, 1987).

Utlenianie węgla w naturalnych warunkach (do 425 K) prowadzi do obniżenia wartości parametrów jakościowych, powstania mikropor i mikroszczelin, nie powodując jeszcze istotnych zmian refleksyjności witrynit. Utlenianie w temperaturze wyższej

niż 425 K, oprócz dalszej degradacji parametrów jakościowych, prowadzi do wyraźnego wzrostu zdolności refleksyjnej witrynu (o 3—4%), która w miarę postępu utleniania znacznie się obniża. Na skutek dalszej propagacji spękań i szczelin dochodzi do dezintegracji ziarnowej węgla, a wokół szczelin i brzegów ziaren tworzą się utlenione obwódki. Obwódki takie tworzą się w temperaturze około 475 K (STACH *et al.*, 1982).

Ze względu na wielkość zmian składu petrograficznego węgla R.J. GRAY (1982) wyróżnia węgle przeobrażone wietrzeniowo i termicznie. Z. KLIKA i J. KRAUSSOVÁ (1993) dzielą je na cztery typy pod względem przeobrażenia termicznego i cztery typy przeobrażenia wietrzeniowego, a I. SÝKOROVÁ *et al.* (1996) wyróżniają trzy stopnie przeobrażenia: niski, średni i wysoki. W początkowym etapie przemian pojawiają się pojedyncze izolowane spękania kontrakcyjne. Stopień średni charakteryzuje obecność kontrakcyjnych i wietrzeniowych spękań, wzrost refleksyjności witrynu, porowatość liptynitu, wtórna mineralizacja spękań i pojedyncze izolowane pierścienie oksydacyjne. Wysoki stopień zwietrzenia charakteryzują liczne pierścienie oksydacyjne, porowatość liptynitu i witrynu oraz deformacje warstewek witrynu, klarytu i durytu.

W.M. KOWALSKI (1977) w sąsiedztwie utworów pstrych wyróżnia dwa rodzaje wtórnie zmienionych węgli: o obniżonej i o podwyższonej zawartości części lotnych. Węgle zmienione występują w strefach wtórnego obniżenia grubości pokładów, prowadzącego lokalnie do ich zaniku. W. GABZDYL i E. SKOCZOWSKA-GÓRKA (1996) opisują węgiel występujący w pobliżu pstrych utworów jako silnie spękany, matowy, słabozwężły, o podwyższonej gęstości. Ponadto węgiel ten charakteryzuje wzrost zawartości popiołu, wilgoci, części lotnych, spadek wartości opałowej i ciepła spalania, zanik spiekalności oraz obniżenie zawartości siarki. Pod względem petrograficznym wykazuje całkowity zanik liptynitu, wzrost zawartości substancji mineralnej, spadek zawartości siarki piritowej oraz nieco podwyższoną refleksyjność witrynu. Węgiel o podobnych cechach, zbliżony makroskopowo do tzw. węgli martwych, a w niektórych przypadkach do węgli mazistych czy sadzowych, obserwowali w GZW na kontakcie z utworami pstrymi m.in. GABZDYL (1964), KRÁLIK (1984), PROBIERZ (1989), KLIKA (1990, 1998), DVOŘÁK (1994), MARTINEC, DOPITA (1997). Zmiany te zanikają stopniowo w miarę oddalania się od kontaktu z utworami pstrymi. Genezę tych zmian autorzy wiążą zarówno z wietrzeniem, jak i z niskotemperaturowym oddziaływaniem ciepła na pokłady węgla.

Utwory pstre występują na całym obszarze GZW (i jego czeskiej części), a z niektórych E re-

jonów (Karniowice—Trzebinia, okolice Jaworzna) zostały usunięte w wyniku erozji. Występują również we wszystkich węglonośnych formacjach litostratygraficznych górnego karbonu GZW (LIPIARSKI, 2001). Najlepiej zostały poznane w części SW zagłębia, a najgrubsza i najbardziej rozprzestrzeniona seria pstra występuje w okręgu ostrawsko-karwińskim nad pokładem 504 (Prokop). Nie stwierdzono ich wystąpienia w części podbeskidzkiej okręgu przyborsko-cieszyńskiego (MARTINEC, DOPITA, 1997). Wspomniana wyżej seria pstra odpowiada pozycji warstw jejkowickich w GZW (JUREČKA, 1988). Zasięg głębokościowy zmian wietrzeniowych jest zróżnicowany. W seriach litostratygraficznych z przewagą skał ilastych wietrzenie sięga płytko, natomiast w seriach piaskowcowych przekracza 400 m głębokości (LIPIARSKI, 2001), w okręgu ostrawsko-karwińskim stwierdzono jego przejawy na głębokości 600 m (MARTINEC, DOPITA, 1997), a D. JURA (2001) podaje, że miejscami sięga nawet 2000 m. Miąższość utworów pstrych jest zróżnicowana, zależy od składu litologicznego i późniejszej erozji. Jest ona większa w sekwencjach skał gruboklastycznych (400 m KSP i GSP), a z kolei mniejsza w profilu z przewagą skał ilastych (ponad 100 m SM i SP).

Utwory pstre ze względu na dużą porowatość i szczelinowatość stanowią drogi migracji i kolektory wód i gazów. Analiza warunków hydrogeologicznych w zapadlisku górnośląskim (RÓŻKOWSKI, 1995, 2004; RÓŻKOWSKI, PRZEWŁOCKI, 1997) dowodzi, że do głębokości 80 m występuje strefa lokalnego drenażu, stanowiąca granicę zasięgu kopalnego wietrzenia. Poniżej, do głębokości średnio około 300 m, występuje strefa infiltracyjna mieszania wód spowodowana eksploatacją górnictwem, a poniżej głębokości 650 m p.p.t. wody wykazują stagnację hydrodynamiczną. Istotną rolę w przepływie tych wód odgrywają strefy uskokowe. K. PROBIERZ i M. LEWANDOWSKA (2000) wykazali, że strefa aktywnej wymiany wód w górotworze karbońskim sięga nawet głębokości 825 m, co może wpływać na migrację tlenu i procesy utleniania.

Utwory pstre wykazują również zmienione warunki hydrogeologiczne, dużą przepuszczalność i porowatość, co sprzyja dalszej ich degradacji wietrzeniowej (MARTINEC, DOPITA, 1997). Badania chemizmu i składu izotopowego wód występujących w utworach pstrych w GZW (PLUTA, 2002; PLUTA *et al.*, 2006) wykazały zróżnicowaną ich genezę (dolnojurajsko-mioceńską i mioceńską). Ta niejednorodność genetyczna wód może sugerować również zróżnicowanie czasu powstawania samych utworów pstrych. Przyjmuje się, że utwory pstre mają polichroniczny charakter, a tworzyły się w okresach degradacji osadów karbońskich pod

wpływem wietrzenia i ciepła wydzielanego przez samonagrzewający się węgiel. Główne etapy rozwoju wietrzenia i erozji osadów karbońskich przypadały prawdopodobnie na perm i na okres od górnej jury do końca paleogenu. Zakłada się, że we wschodniej części GZW tworzyły się one w górnym karbonie i w dolnym permie, natomiast w zachodniej części w jurze—kredzie oraz w paleogenie—miocenie (DOKTOROWICZ-HREBNICKI, 1935; SIEDLECKI, 1954; ALEXANDROWICZ, SIEDLECKI, 1960; GILEWSKA, 1991; OSZCZYPKO, TOMAŚ, 1976; KOWALSKI, 1977, 1983; KOTAS, 1982; BUŁA, JURA, 1983; JURA, 1992, 2001; GŁĄZEK, 1989; DOPITA, KUMPERA, 1993; KRS *et al.*, 1993; KOTAS (red.) 1994; MARTINEC, DOPITA, 1997; LIPIARSKI, 2001; PLUTA, 2006).

I. LIPIARSKI (1997) przyjmuje, że najintensywniejsze utlenianie utworów węglonośnych we wschodniej części GZW miało miejsce w górnym pensylwanie (stefan) i czerwonym spągowcu, o czym świadczy znacznie grubsza seria zwietrzałych osadów karbonu pod utworami dolnego permu niż pod osadami triasu. W części SW utlenianie zachodziło głównie w okresie jurajsko-kredowym. D. JURA (2001) wyróżnia następujące powierzchnie niezgodności i związane z nimi pokrywy wietrzeniowe: podpermską, podtriasową, podjurajską, podkredową, podmioceńską i podczwartorzędową. Zasięg stref wietrzenia pod różnowiekowymi utworami nadkładu w GZW, zgodnie z sugestiami tego autora, przedstawia rys. 2.

Zasięg pionowy erozji skał karbońskich jest różnie szacowany. Z. BEŁKA (1993) na podstawie refleksyjności witrinitu ocenia wielkość erozji na 1200 m w części NE do 3000 m w części SW. Modelowanie wielkości erozji z wykorzystaniem wartości refleksyjności witrinitu (KOSAKOWSKI *et al.*, 1995) pokazuje, że całkowita grubość zerodowanych osadów górnokarbońskich wynosi od około 200 m na NE do 1700 m na NW. D. JURA (2001) szacuje, że w okresie od górnego pensylwanu (stefanu) do triasu z elewacji tektonicznych GZW w centralnej i wschodniej części zerodowane zostało około 2000 m osadów karbonu, a w części zachodniej do 5000 m. Podobnego zdania jest A. KOTAS (2001), który na podstawie gradientów dojrzałości termicznej węgla, mierzonej refleksyjnością witrinitu, stwierdza, że wielkość erozji w GZW była zmienna i wahała się w przedziale od 0 m do 5000 m. Procesy erozji i denudacji zachodziły z przerwami, począwszy od końca karbonu aż do paleogenu, a więc przez ponad 260 mln lat, doprowadzając jednocześnie do intensywnej degazacji złoża i ucieczki do atmosfery autochtonicznych gazów termokatalitycznych powstałych w procesie uwęglania (KOTARBA, NEY, 1995).

Szeroko opisywane są również zmiany termiczne węgla w strefach metamorfizmu kontaktowego i oddziaływania roztworów hydrotermalnych (m.in.: KUHŁ, 1963; GABZDYL, 1964, 1967; BOROWSKI *et al.*, 1966; BOROWSKI, 1969; GABZDYL *et al.*, 1969; CHODYNIECKA, SANKIEWICZ, 1972, 1978; DOPITA, KRÁLIK, 1973; DUŻNIAK *et al.*, 1976; GODARZI, MURCHISON, 1976; JOCHEMCZYK, 1984, 1990; GABZDYL, PROBIERZ, 1987; PROBIERZ *et al.*, 1988; PROBIERZ, 1989; KAPUŚCIŃSKI *et al.*, 1990; KHORASANI *et al.*, 1990; MURCHISON, 1991; KWIECIŃSKA *et al.*, 1992; HANAK *et al.*, 1993; CHODYNIECKA *et al.*, 1996; MARTINEC, 1997; CHODYNIECKA, HANAK, 2000; KOŘUŠNIKOVÁ, PÉGRIMOČOVÁ, 2001; MATUSZEWSKA, 2007; MATUSZEWSKA, DROBIAZGIEWICZ, 2004; MATUSZEWSKA, CEBULAK, 2006).

Przejawy magmatyzmu związanego z orogenezą waryscyjską zostały stwierdzone w wielu rejonach GZW. W obrębie siodła Jastrzębia występują „intruzje” odpowiadające genetycznie lawom melafirowym i diabazowym. W rejonie Kaczyc w obrębie serii węglonośnej stwierdzono porfiryty. W niecce chwałowickiej nawiercono pięć żył bazaltowych wśród warstw porębskich. Podobną serię żył stwierdzono w rejonie Suminy. Uważa się, że są to bazalty mioceńskie. Z działalnością wulkaniczną były też związane tufy i tufity w utworach mioceńskich (BOROWSKI, PIŁAT, 1968; BOROWSKI, 1969; GABZDYL *et al.*, 1969; CHODYNIECKA, SANKIEWICZ, 1972). W czeskiej części GZW stwierdzono liczne wystąpienia skał magmowych, głównie w części karwińskiej, cieszyńskiej i frensztackiej. Są to porfiry, porfiryty i nefelinity, nie notowano natomiast obecności diabazów (MARTINEC, 1997). We wschodniej części zagłębia występują porfiry, melafiry i diabazy oraz ich tufy o miąższości do kilkudziesięciu metrów, a zaliczane do permu (BUKOWY, 1982).

K. PROBIERZ (1989) przyjmuje, że w rejonie Jastrzębia utwory pstry zajmowały znacznie większy obszar niż obecnie i stanowiły pierwotnie ciągłą pokrywę osiagającą znaczną grubość. Obecny brak ciągłości pokrywy i dużo mniejszą miąższość utworów pstrych tłumaczy ich późniejszą erozją. Z utworami pstryimi wiąże występowanie węgla termicznie zmienionych, które to węgle występują zazwyczaj w bezpośrednim sąsiedztwie bezpokładowych utworów pstrych. Zmienność zasięgu występowania pokładów węgla wiąże z czynnikami o różnej genezie, a więc zarówno z obecnością utworów pstrych, ułożeniem pokładów, jak i z erozją. Natomiast inwersja uwęglania (GABZDYL, PROBIERZ, 1987; PROBIERZ, 1989) wskazuje na związek ze źródłem ciepła tkwiącym w obrębie bezpokładowych utworów pstrych, które stanowiły skały magmowe. Skały te w wyniku późniejszych procesów

zostały zmienione i zerodowane, i nie zachowały się w pierwotnej postaci, a relikdami po nich mogą być pozbawione pokładów węgla utwory pstre. Hipotetyczna pokrywa lub intruzja skał magmowych mogła mieć znaczną grubość, rzędu 50–450 m, ponieważ miąższość stwierdzonej strefy inwersji metamorfizmu węgla wynosi 150 m. Przyjęta grubość hipotetycznej pokrywy wynika z założenia, że zasięg termicznego oddziaływania intruzji na pokład węgla wynosi od 1/3 do 3-krotnej jej grubości.

Znacznie mniej badań poświęcono węglom pochodzącym ze zwałowisk odpadów kopalnianych (KŘÍBEK, 1996, 1997; SÝKOROVÁ *et al.*, 1996) i stref tektonicznych (PROBIERZ, 1986; ČMIEL, 1988a, b, 2000, 2002; ČMIEL, TEPER, 1988; ČMIEL, IDZIAK, 2000; ČMIEL, MATUSZEWSKA, 2004; ČMIEL, MISZ, 2005; MISZ, ČMIEL, 2005; MISZ *et al.*, 2005). Badania stopnia utlenienia węgla ze składowisk odpadów pogórnich wskazują na zróżnicowanie stopnia utlenienia w zależności od okresu składowania (SÝKOROVÁ *et al.*, 1996). Stwierdzono, że po 5 latach składowania węgiel nie wykazywał wyraźnych oznak zwiertzenia. Po 65 latach wykazywał lokalnie oznaki utlenienia, a po 115 latach składowania węgle miały już cechy silnego przeobrażenia w postaci całej sieci spękań kontrakcyjnych i wietrzeniowych, deformacji pasemek wityrytu i klarytu oraz silnej mineralizacji.

Przyczynkowe badania zmian parametrów węgla prowadzone w strefach zaburzeń ciągłości pokładów wskazują zarówno na agra-dacyjne, jak i degra-dacyjne kierunki przemian (ČMIEL, 1988a, b, 2000, 2002; ČMIEL, TEPER, 1988; ČMIEL, MATUSZEWSKA, 2004; ČMIEL, MISZ, 2005).

Poznanie natury procesu utleniania jest bardzo istotne, ponieważ pozwala wyjaśnić zjawisko samozapalności węgla tak ważne dla górnictwa. W początkowym etapie utleniania wydzielą się ciepło, które w sprzyjających warunkach jest kumulowane, a w przypadku braku jego odprowadzania może spowodować samozapalenie węgla. Zjawisko samozapalenia może wystąpić wszędzie tam, gdzie dochodzi do kontaktu węgla z tlenem i wietrzenia.

Rozpoznanie stref osłabionej zwięzłości skał i wietrzenia osadów węglonośnych ma również duże znaczenie utylitarne dla górnictwa. W ich obrębie bowiem jakość węgla ulega degradacji, często aż do zaniku pokładów, a tylko wyjątkowo dochodzi do wzrostu stopnia uwęglenia (PROBIERZ, 1989). Efektem są znaczne straty zasobów. W rejonie Kar-

winy ubytek zasobów z tego powodu szacuje się na 125 mln t węgla, a w warstwach siodłowych zniszczeniu uległo 9,4% zasobów (DOPITA, 1988). W kopalni „Jankowice” w pokładach 504 i 503 straty zasobów spowodowane zmniejszeniem grubości na skutek wietrzenia szacuje się na 29% do 41% (GABZDYL, SKOCZOWSKA-GÓRKA, 1996).

Górotwór w rejonie uskoków stwarza zagrożenia związane z obniżoną o około 20% wytrzymałością mechaniczną skał i podwyższoną infiltracją zmineralizowanych wód (ŻYŁA, 1981; KIDYBIŃSKI, 1982; NIEĆ, 1990; MÜLLER *et al.*, 1997; JURA, 2001; BUKOWSKA, 2005). Strefy dyslokacji uskokowych są również miejscem koncentracji takich zjawisk sejsmicznych, jak wstrząsy górotworu i tąpnięcia, a w GZW szczególnie aktywną pod tym względem dyslokacją jest uskok kłodnicki (ZUBEREK *et al.*, 1997; TEPER, 1998; BUKOWSKA, 2005). Wszystko to powoduje, że utrzymanie w nich wyrobisk górniczych i zapewnienie bezpieczeństwa jest znacznie utrudnione.

Strefy uskokowe wykazują zróżnicowany, ale istotny wpływ na rozkład gazonośności w utworach górnego karbonu (KOTARBA, NEY, 1995). W wypadku otwartych szczelin mogą powodować ich odgazowanie (BOROWSKI, 1969; TARNOWSKI, 1989), a w strefach kontaktowych z przejawami magmatyzmu (CHODYNIECKA, SANKIEWICZ, 1972, 1978; TARNOWSKI, 1989) oraz w odmłodzonych strefach tektonicznych izolowanych utworami nieprzepuszczającymi mogą się przyczyniać do zwiększenia gazonośności węgla (GREBSKI, 1975). Za uprzywilejowane miejsca kumulacji gazów kopalnianych uważa się spękanie i szczelinowate strefy towarzyszące uskokom o niewielkich zrzutach. Naruszenie takiej strefy robotami górnictwymi może generować wyrzut skał i gazów (ČMIEL *et al.*, 2006; PLUTA *et al.*, 2006). Tak więc wietrzeniowa i mechaniczna degradacja pokładów węgla i skał otaczających może prowadzić do udrożnienia niektórych stref uskokowych dla migracji gazów, a w przypadku istnienia szczelnych ekranów tworzy dla nich pułapki (PROBIERZ, 1986; TARNOWSKI, 1989).

Z przedstawionego stanu badań nad epigenetycznymi zmianami skał węglonośnych wynika, że znana jest natura procesów ich utleniania. Została ona dobrze zbadana w strefach powierzchniowych (utwory pstre, składowiska węgla i odpadów górniczych) oraz kontaktowych z utworami magmowymi, natomiast strefy uskokowe w tym aspekcie nie zostały dotąd dostatecznie rozpoznane.

5. Własności geomechaniczne skał w strefach uskokowych

W bezpośrednim sąsiedztwie uskoków oprócz zmniejszenia wytrzymałości skał obserwuje się intensywne ich spękanie, rozłaskowanie, zawodnienie, przeobrażenia hydrotermalne lub/i wietrzeniowe, pojawienie się mineralizacji (GOSZCZ, 1980; NIEĆ, 1990), co powoduje, że jest to obszar wyjątkowo podatny na erozję. Obszar obniżenia parametrów wytrzymałościowych skał zależy od ich zwięzłości, stopnia zaangażowania tektonicznego i amplitudy zrzutu uskoku.

Zwięzłość i odporność skał na mechaniczne zniszczenie określa się w różny sposób, pośrednio, oznaczając gęstość spękań, stopień zuskokowania złoża (PROBIERZ, 1983; NIEĆ, 1990; KEMPA *et al.*, 1983; POZZI, PROBIERZ, 1994), najczęściej jednak określa się ją bezpośrednio na podstawie wartości wytrzymałości skał na jednoosiowe ściskanie (R_c) (KIDYBIŃSKI, 1982). Wartość tego parametru mierzona w kierunku równoległym do warstwowania

jest o 20% niższa niż mierzona w kierunku prostopadłym. Dla skał karbońskich GZW jej wartości przedstawiono w tabeli 4.

Najwyższą wytrzymałość wykazują piaskowce drobnoziarniste (średnio 70 MPa) i zarówno w miarę wzrostu, jak i spadku wielkości uziarnienia średnia wytrzymałość skał wyraźnie spada. Najniższą wykazują łowce węgliste i węgiel (odpowiednio 26 MPa i 16 MPa). Parametry wytrzymałościowe ulegają również znacznej redukcji w przypadku spękania, zwietrzenia i zawilgocenia skał. Karbońskie piaskowce wykazują obniżenie wytrzymałości na ściskanie (R_c) w przypadku spękania — o 55% (JURA, 2001), zwietrzenia — o 20% (MÜLLER *et al.*, 1997), a zawilgocenia od 20% do 40% (BUKOWSKA, KIDYBIŃSKI, 2005). Badania prowadzone w Głównym Instytucie Górnictwa (BUKOWSKA, BUKOWSKI, 2005) dowiodły, że piaskowce drobnoziarniste w wyniku nasycenia wodą tracą na wytrzymałości 23—40%, piaskowce przeławiczone mułowcami 16—53%, łowce 50%, obniżeniu ulegają też wartości innych parametrów określających własności geomechaniczne skał, jak

Tabela 4

Wytrzymałość na ściskanie R_c (MPa) skał karbońskich w GZW (wg: KIDYBIŃSKI, 1982; CHMURA, 1970; BORECKI, CHUDEK, 1975, *vide* JURA 2001*, zmodyfikowano)

Rodzaj skały	R_c	Średnia R_c	R_c^*
Zlepieńce	2—83	35	—
Piaskowce gruboziarniste	8—96	47	—
Piaskowce średnioziarniste	6—140	65	—
Piaskowce drobnoziarniste	10—166	70	150—200
Piaskowce b. drobnoziarniste	16—144	64	—
Piaskowce spękanne	—	—	77—80
Piaskowiec rozsypły	—	—	20—100
Łupki piaszczyste, mułowce	8—107	50	20—60
Łupki ilaste, łowce	7—62	34	46—94
Łupki węglowe	10—58	26	10—50
Węgle kamienne	4—46	16	16,5—21

Tabela 5

Wytrzymałość na ściskanie R_c (MPa) próbek węgla (wg: BUKOWSKA, 2005, zmodyfikowano)

Numer pokładu	Wytrzymałość na ściskanie R_c
207	30,9
308	26,2
405/1	19,3
504	24,4
510	22,4
615	21,5
713	20,9

wytrzymałość resztkowa (R_{cr} o 52,5%), moduł sprężystości podłużnej (E o 9,5%) i moduł spadku (M o 23,5%). Wszystkie te zjawiska mają miejsce w strefach uskokowych, co powoduje, że skały tych stref są wyjątkowo podatne na wietrzenie

i erozję. Węgiel wykazuje zmienną wytrzymałość na ściskanie (R_c) (tab. 5), która dla pokładów poszczególnych serii litostratygraficznych w GZW waha się od 19,3 MPa do 30,9 MPa, średnio 23,7 MPa (BUKOWSKA, 2005).

6. Badania własne

W rejonie dyslokacji uskokowych obserwuje się znaczne obniżenie techniczno-ekonomicznych warunków eksploatacji. Pogorszeniu ulega wiele własności geomechanicznych skał karbońskich (KIDYBIŃSKI, 1982). Uskoki szczelne mają ponadto własności ekranujące przepływ wód i gazów, natomiast uskoki o szczelinach otwartych są drożne i mogą stanowić drogi migracji fluidów. W strefie infiltracji w składzie gazowym wód dominuje tlen i azot, sprzyjające procesom wietrzenia. Praktycznie skały karbońskie w zagłębiu na głębokości około 700 m p.p.t. tracą przepuszczalność, a ich porowatość i odsączalność maleje z wiekiem i głębokością, od KSP po SP (RÓŻKOWSKI, 1995; WAGNER, 1997). Udrożnienie górotworu dla migracji gazów i wód powoduje również jego odgazowanie oraz umożliwia wietrzeniowe przeobrażenie pokładów węgla.

Dotychczasowe nieliczne badania nie wyjaśniły jednoznacznie problemu natury zmian jakości węgla w strefach przyuskokowych. Z obserwacji w skali makro wynikało, że zmiany parametrów jakościowych węgla są efektem wykorzystania powierzchni nieciągłości do transportu ciepła lub migracji lotnych i ciekłych substancji różnego pochodzenia (m.in. PROBIERZ, 1986; ĆMIEL, 1988, 1997; TARNOWSKI, 1989; KOTARBA, NEY, 1995). Natomiast badania autora prowadzone w GZW pozwoliły wydzielić trzy różne typy zmian węgla w strefach uskokowych. Pierwszy, związany jest z obniżeniem jakości, drugi, przeciwny, związany z jej podwyższeniem i trzeci, nie wykazujący istotnych zmian wartości parametrów węgla.

6.1. Badania analityczne węgla w strefach uskokowych

Badania te objęły wskaźniki analizy technicznej, elementarnej, petrograficznej oraz własności koksow-

niczych i fizycznych węgla. We wszystkich typach zmienności dla poszczególnych parametrów węgla określono następujące wartości:

- minimalną, maksymalną i średnią dla całego badanego odcinka (0—10 m), dla wskaźnika wolnego wydymania podano tylko najwyższy i najniższy numer koksików, pozostałych wartości dla SI nie określano,
- średnią dla odcinka wykazującego zmiany w pokładzie przylegającym do uskoku (w typie pierwszym, dla poszczególnych podtypów były to następujące odległości od powierzchni uskoku: 1a — do 1 m, 1b — do 0,8 m, 1c — do 0,6 m, 1d — do 0,2 m, w typie 2 — do 0,2 m, w typie 3 do 1 m),
- minimalną, maksymalną i średnią standardowego odchylenia i współczynnika zmienności,
- przeciętną i maksymalną wielkość różnicy pomiędzy wartością parametru w strefie zmienionej (w sąsiedztwie powierzchni uskoku) a wartością średnią dla strefy niezmienionej (różne odcinki dla poszczególnych podtypów w typie pierwszym: 1a — 2—10 m, 1b — 1—10 m, 1c — 0,6—10 m, 1d — 0,4—10 m w typie 2 — 0,4—10 m, w typie 3 — 2—10 m), wyrażonej w procentach,
- współczynnika korelacji Pearsona (R^2).

Wyniki średnich wartości parametrów węgla dla danego typu czy podtypu próbek węgla przedstawiono w tabelach. Wartości parametrów węgla reprezentatywnych próbek dla wydzielonych typów i podtypów zmienności podano w oddzielnych tabelach i wykonano dla nich wykresy zmienności z odległością od uskoku. Wykresy te zawierają równanie regresji, linię trendu oraz wartość współczynnika korelacji.

6.1.1. Typ pierwszy – degradacyjne zmiany jakości węgla

Przeprowadzone badania wykazały, że największe obserwowane zmiany wartości parametrów wiążą się z obniżeniem jakości węgla oraz z obecnością węgla nietypowego wykazującego zmiany wysokotemperaturowe. Zmiany takie stwierdzono w interwale głębokościowym 350–1030 m. Ze względu na intensywność i zasięg przeobrażeń węgla w pokładzie wydzielono 5 podtypów (1a–1e) ich zmienności.

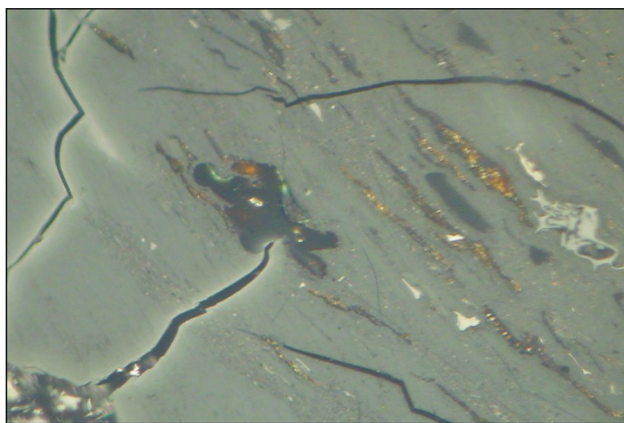
Podtyp 1a. Do pierwszego podtypu zaliczono te próbki, w których zmiany wartości badanych parametrów węgla były największe i stopniowo tracąc na intensywności, sięgały do pokładu na odległość około 2 m od powierzchni uskoku (tab. 2a, próbki 1–10).

Kryteriami decydującymi o włączeniu do tego podtypu był w strefie zmienionej: wzrost zawartości wilgoci przynajmniej o 30%, popiołu i tlenu o 100%, kilkuprocentowy spadek i wzrost refleksyjności, spadek zawartości siarki całkowitej

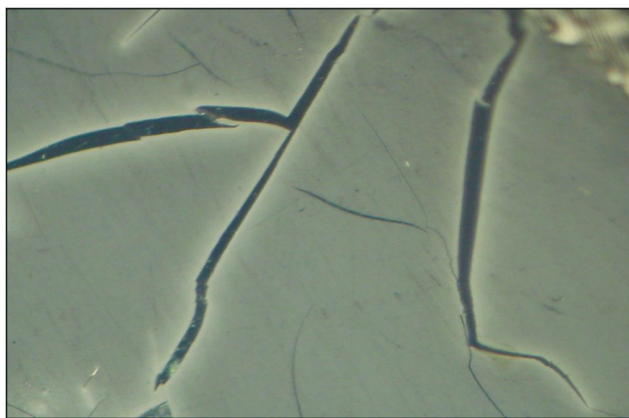
i pirytowej o 15% i przekraczający 25% udział siarki siarczanowej, wzrost zawartości części lotnych o co najmniej 25% i także spadek wartości ciepła spalania, ponad 15% spadek zawartości pierwiastka węgla oraz ponad 25% spadek zawartości wodoru, zanik własności koksowniczych, co najmniej 10% wzrost gęstości rzeczywistej, spadek mikrotwardości aż do zera, zanik liptynitów, zruszenie ciągłości warstw na odcinku co najmniej 1 m od płaszczyzny uskoku, ponad 80% ilość spękanych ziaren i postępująca dezintegracja ziarnowa oraz pojawiające się jaśniejsze obwódki wokół ziaren wityrinitu (fot. 1, 2, 3), które nie występują w wityrynie nieprzeobrażonym (fot. 4). Reflektogramy wityrinitu w tym podtypie zmieniają się od wąskich i strzelistych dla węgla niezmiennych do szerokich i spłaszczonych dla próbek ze strefy zwiertzałej (rys. 5). Rozkład wartości refleksyjności jest asymetryczny i rozbudowany w stronę rosnących wartości (skośny dodatnio) w zmienionej części węgla i zbliżony do symetrycznego w odległości >2 m od powierzchni nieciągłości. Intensywność przeobrażenia węgla osiągnęła maksymalną wartość w brekcji wypełniającej szczelinę uskokową (odległość 0,0 m) oraz w pokładzie



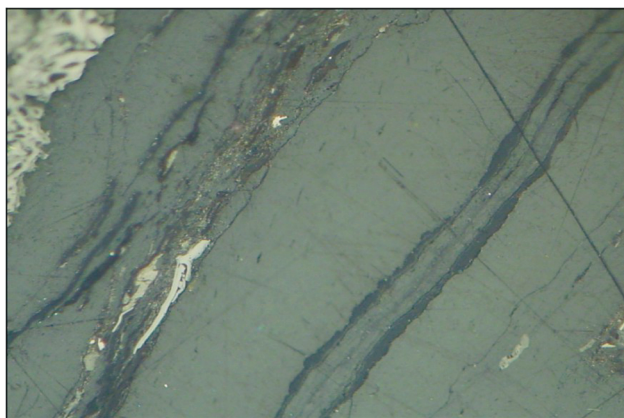
Fot. 1. Wityrinit z utlenionymi obwódkami wokół spękań (próbka 2, pow. 250×)



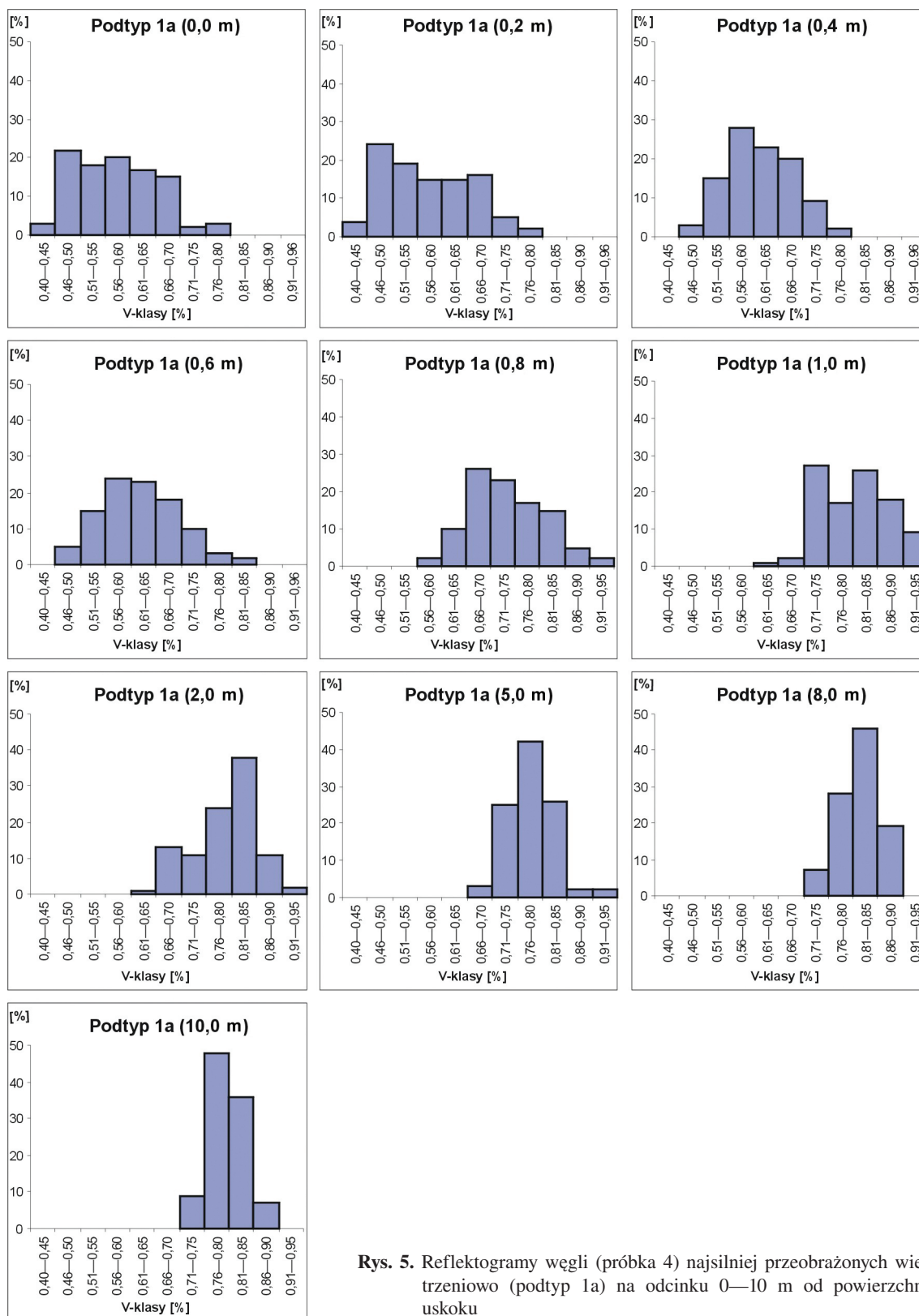
Fot. 2. Wityrinit z utlenionymi obwódkami wokół spękań (próbka 4, pow. 250×)



Fot. 3. Wityrinit z utlenionymi obwódkami wokół spękań (próbka 8, pow. 250×)



Fot. 4. Wityrinit węgla niezmiennego (próbka 4, pow. 250×)



Rys. 5. Reflektogramy węgla (próbka 4) najsilniej przeobrażonych wietrzeniowo (podtyp 1a) na odcinku 0—10 m od powierzchni uskoku

w bezpośredniej bliskości uskoku, ulegając stopniowej redukcji (do 2 m) w miarę oddalania się od powierzchni dyslokacji. Dla wszystkich badanych parametrów w tym podtypie średnia wartość współczynnika zmienności waha się od 1,5% do 125%, przeciętnie wynosi 40,9%, a średnia wartość współczynnika korelacji R^2 Pearsona z odległością od powierzchni uskoku wynosi 0,55 (tab. 6).

Przykłady zmienności wartości poszczególnych parametrów węgla dla tego podtypu zmian (1a) przedstawia tabela 7 i wykresy (rys. 6—29; podtyp 1a).

Wskaźniki analizy technicznej węgla w rejonie powierzchni uskoku wykazywały, poza ciepłem spalania, wzrost wartości (tab. 6). Średnia zawartość wilgoci w bezpośredniej bliskości uskoku wy-

Tabela 6

Zakres zmienności wartości badanych parametrów węgla dla pierwszego podtypu zmienności (1a)

Rodzaj parametru	Wartość min./maks.	Średnia na odcinku 0—10/0—1 m	Standardowe odchylenie		Współczynnik zmienności [%]		Średnia na odcinku 2—10 m	0—1/2—10 maks./ 2—10 [%]	R ²
			min./maks.	średnia	min./maks.	średnia			
1	2	3	4		5		6	7/8	9
Wskaźniki analizy technicznej									
W ^a [%]	1,49/7,89	4,84/5,62	0,64/1,29	0,95	13,2/26,6	19,6	3,69	52,3/113,8	0,44
A ^a [%]	4,6/34,8	14,5/20,4	5,6/14,0	9,33	38,6/96,5	64,3	8,4	143,1/314,8	0,50
V ^{daf} [%]	24,3/44,7	35,8/38,9	2,4/5,1	3,30	6,7/14,2	9,2	30,2	28,8/38,8	0,42
Q ^s daf [MJ/kg]	23,4/34,4	29,8/24,5	2,7/7,1	4,80	9,1/23,8	16,1	33,1	−26,0/−29,3	0,69
Wskaźniki analizy elementarnej									
N ^{daf} [%]	1,42/1,74	1,52/1,55	0,04/0,09	0,06	2,6/5,9	3,9	1,46	6,2/19,2	0,02
O ^{daf} [%]	4,9/29,5	16,5/21,6	6,2/10,8	8,80	37,6/65,4	53,3	9,2	134,8/220,6	0,64
C ^{daf} [%]	68,8/86,1	77,3/70,5	4,3/9,8	7,80	5,6/12,7	10,1	84,5	−16,6/−17,6	0,60
H ^{daf} [%]	1,59/6,15	3,90/3,24	0,62/1,50	1,07	15,9/38,5	27,4	4,65	−30,0/−65,8	0,79
S _t ^a [%]	0,19/1,39	0,73/0,65	0,12/0,41	0,20	16,4/56,2	27,4	0,95	−31,6/−80,0	0,17
S _p ^a [%]	0,09/0,82	0,26/0,22	0,1/0,2	0,12	38,5/76,9	46,1	0,34	−35,3/−73,5	0,06
S _{SO₄} ^a [%]	0,0/0,17	0,04/0,07	0,02/0,06	0,05	50,0/150,0	125,0	0,01	600,0/1600,0	0,62
Wskaźniki własności koksowniczych									
RI	0,0/79	7,5/1,5	6,2/9,4	7,70	82,7/125,3	102,7	13,5	−88,9/0,0	0,54
SI	1/5	—	—	—	—	—	—	—	—
a [%]	2,0/38,0	16,7/13,5	6,1/15,5	8,40	28,8/92,8	50,3	21,4	−36,9/−90,7	0,84
t ₁ [°C]	384/415	394,0/396,1	5,0/9,8	7,00	1,4/2,5	2,0	391,1	1,4/6,2	0,52
t ₂ [°C]	421/470	447,0/445,9	2,0/12,7	6,80	0,4/2,8	1,5	448,0	−0,5/−6,0	0,14
Wskaźniki własności fizycznych									
R _m ^a [%]	0,58/1,21	0,77/0,71	0,03/0,15	0,07	3,9/19,5	9,1	0,81	−12,3/−28,4	0,61
d _r [Mg/m ³]	1,29/1,79	1,41/1,47	0,05/0,16	0,12	3,5/11,3	8,5	1,33	10,5/34,6	0,53
HV ₅₀ [10 ⁷ Pa]	0,0/44	26,0/16,2	14,1/19,7	16,30	54,2/75,8	62,7	41,0	−60,7/0,0	0,46
Spękania [%]	3/94	54,3/79,1	33,6/38,8	35,03	62,2/71,8	64,8	17,0	359,1/446,0	0,78
Skład petrograficzny									
V [%]	51/76	64,0/69,0	4,82/7,41	5,60	7,5/11,6	8,7	57,0	21,0/33,3	0,77
L [%]	0/12	3,5/0,5	4,00/4,83	4,30	114,3/137,1	122,8	8,0	−93,7/0,0	0,94
I [%]	0/25	10,5/5,5	6,82/8,90	7,41	64,8/84,8	70,5	18,0	−69,4/0,0	0,72
SM [%]	2/30	22,0/25,0	5,52/8,41	7,80	25,0/38,2	35,4	17,0	47,1/76,5	0,83
Średnia:						40,9		39,2	0,55

Objaśnienia: 1 — rodzaj parametru, 2 — wartość parametru minimalna i maksymalna, 3 — średnia wartość parametru na odcinku od 0 m do 10 m i od 0 m do 1 m, 4 — standardowe odchylenie — wartość minimalna, maksymalna i średnia, 5 — współczynnik zmienności — wartość minimalna, maksymalna i średnia, 6 — średnia wartość parametru na odcinku od 2 m do 10 m, 7 — wzrost lub spadek średniej wartości parametru w strefie uskoku do wartości średniej dla strefy niezmienionej, w procentach, 8 — wzrost lub spadek maksymalnej lub minimalnej wartości parametru w strefie uskoku do wartości średniej dla strefy niezmienionej, w procentach, 9 — współczynnik korelacji R^2 Pearsona.

nosiła 5,62% (maksymalnie 7,89%), a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej wzrosła przeciętnie o 52,3%, przy przeciętnej wartości współczynnika zmienności (19,6%). Średnia zawartość popiołu w strefie zmienionej pokładu wyniosła 20,4% (maksymalnie 34,8%), a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej wzrosła o 143,1%, przy dużej (64,3%) wartości współczynnika zmienności. Średnia zawartość części lotnych w strefie przyuskokowej wyniosła 38,9% (maksymalna 44,7%), a wzrost jej wartości w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej

wyniósł 28,8%, przy małej (9,2%) wartości współczynnika zmienności. Średnia wartość ciepła spalania w strefie przeobrażonej pokładu wyniosła 24,5 MJ/kg (minimalna 23,4 MJ/kg), a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej obniżyła się o 26%, przy małej (16,1%) wartości współczynnika zmienności.

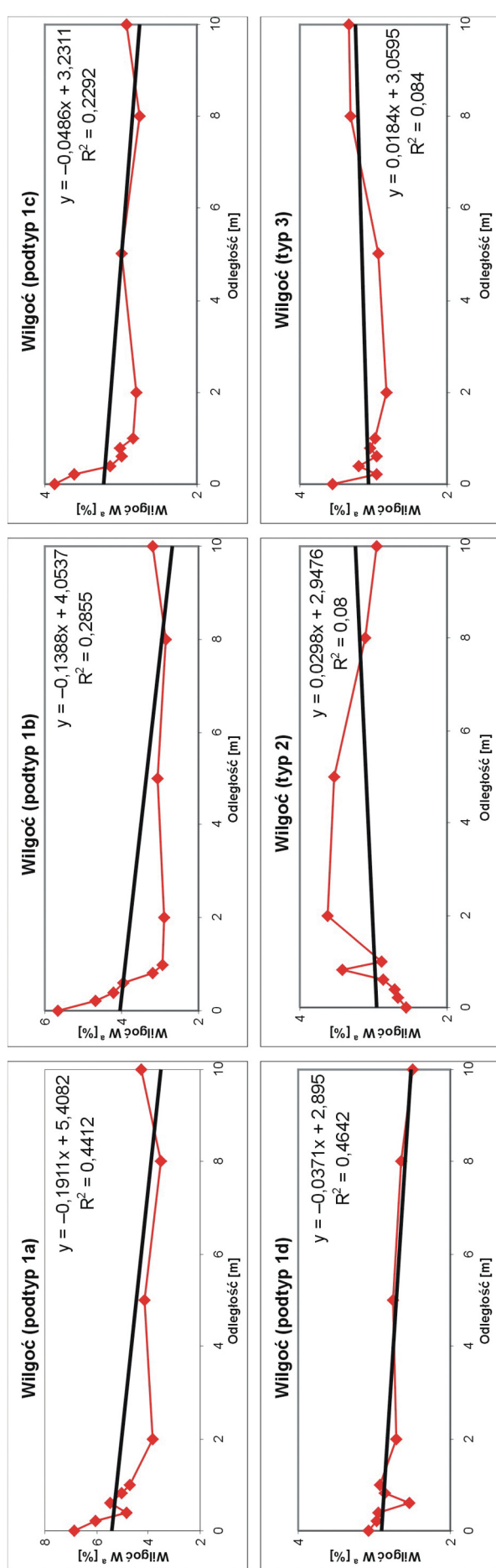
Wskaźniki analizy elementarnej węgla w sąsiedztwie strefy uskokowej generalnie uległy obniżeniu, wyłączając azot, tlen i siarkę siarczanową, których wartości wzrosły (tab. 6). Średnia zawartość azotu w strefie przyuskokowej wyniosła 1,55%

Tabela 7

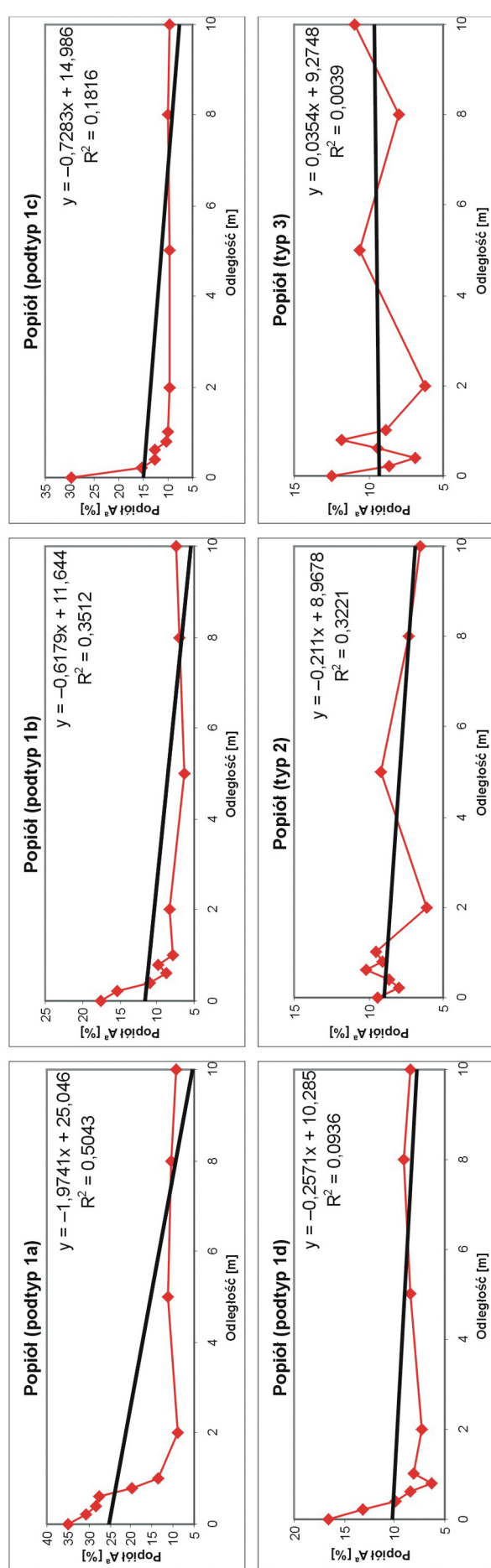
Typowe wartości badanych parametrów charakterystyczne dla pierwszego (1a) podtypu zmienności (próbka nr 4)

Rodzaj parametru	Odległość [m]							Wartość min./maks.	Średnia na odcinku 0—10 m	Średnia na odcinku 0—1 m	Standardowe odchylenie	Współczynnik zmienności [%]	Średnia na odcinku 2—10 m	Zmienność [%]		
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2								5	8
Wskaźniki analizy technicznej																
W ^a [%]	6,89	6,02	4,83	5,47	5,04	4,74	3,83	4,17	3,49	4,25	4,87	5,50	1,04	21,3	3,94	39,6
A ^a [%]	34,8	30,8	28,3	27,7	19,9	13,5	9,1	11,3	10,6	9,4	19,5	25,8	10,01	51,3	10,1	156,8
V ^{daf} [%]	43,0	41,8	39,1	37,1	37,0	35,4	30,9	31,4	30,9	30,5	35,7	38,9	4,68	13,1	30,9	25,7
Q ^{s daf} [MJ/kg]	23,8	23,9	24,8	24,2	25,4	27,5	33,4	33,5	34,2	33,6	28,4	24,9	4,63	16,3	33,7	−25,97
Wskaźniki analizy elementarnej																
N ^{daf} [%]	1,67	1,59	1,52	1,63	1,47	1,45	1,48	1,54	1,52	1,55	1,54	1,56	0,07	4,6	1,52	2,6
O ^{daf} [%]	29,2	28,2	22,7	20,8	18,9	18,9	10,2	8,3	9,5	8,2	17,49	23,12	8,04	46,0	9,1	155,2
C ^{daf} [%]	65,8	65,9	70,9	73,5	74,6	75,5	83,3	84,7	82,7	84,2	76,11	71,03	7,31	9,6	83,7	−15,16
H ^{daf} [%]	2,65	3,55	3,88	3,15	3,89	3,12	3,77	4,42	5,01	5,09	3,85	3,37	0,80	20,8	4,57	−26,26
S _t ^a [%]	0,39	0,54	0,76	0,69	0,91	0,88	1,17	0,89	1,06	0,80	0,81	0,70	0,23	28,5	0,98	−28,57
S _p ^a [%]	0,21	0,30	0,35	0,05	0,28	0,21	0,28	0,24	0,62	0,13	0,27	0,23	0,15	56,5	0,32	−28,13
S _{So₄} ^a [%]	0,09	0,08	0,06	0,06	0,03	0,05	0,02	0,01	0,02	0,00	0,04	0,06	0,03	72,6	0,01	500,0
Wskaźniki własności koksowniczych																
RI	0	0	0	0	0	10	15	20	14	15	7,4	1,7	8,2	110,2	16,0	−89,56
SI	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	—	—	—	—	—	—
a [%]	2,9	2,9	3,2	8,9	5,1	8,1	9,8	19,8	36,0	24,3	12,1	5,2	11,1	91,6	22,5	−77,02
t ₁ [°C]	405	405	415	400	405	390	390	390	390	385	397,5	403,3	9,8	2,5	388,8	3,8
t ₂ [°C]	435	460	465	460	465	460	460	470	440	445	456,0	457,5	11,7	2,6	453,8	0,8
Wskaźniki własności fizycznych																
R _m ^a [%]	0,69	0,70	0,70	0,72	0,78	0,83	0,80	0,81	0,83	0,82	0,77	0,74	0,06	7,6	0,82	−9,76
d _r [Mg/m ³]	1,79	1,64	1,68	1,55	1,51	1,51	1,40	1,39	1,29	1,42	1,52	1,61	0,15	10,0	1,38	16,7
HV ₅₀ [10 ⁷ Pa]	0	0	10	20	32	36	38	42	42	41	26,1	16,3	17,2	65,9	40,8	−59,93
Spękania [%]	93	91	92	85	62	52	33	19	12	5	54,4	79,2	35,3	64,8	17,3	359,0
Skład petrograficzny																
V [%]	72	72	69	69	68	64	59	61	58	51	64,3	69,0	6,9	10,8	57,2	21,0
L [%]	0	0	0	1	1	1	3	9	12	10	3,7	0,5	4,7	127,3	8,5	−94,12
I [%]	3	4	7	7	7	14	20	15	18	25	12,0	7,0	7,5	62,3	19,5	−64,1
SM [%]	25	24	24	23	24	21	18	15	12	14	20,0	23,5	4,9	24,3	14,8	59,3
Średnia:	40,0															58,3

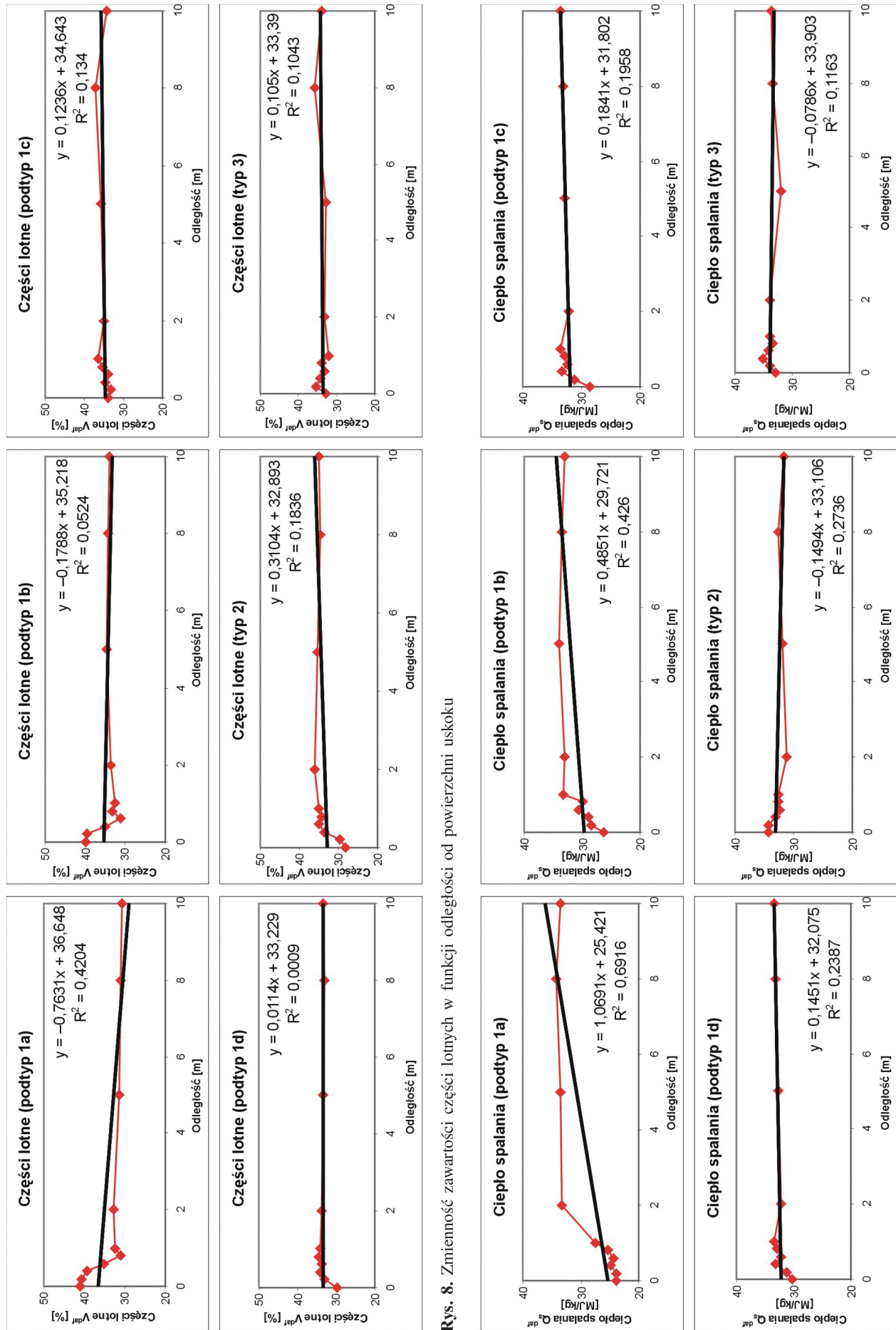
O b j a ś n i e n i a : zmienność — stosunek średniej na odcinku zmian przy uskoku do średniej ze strefy niezmienniej.



Rys. 6. Zmienność zawartości wilgoci w funkcji odległości od powierzchni uskoku

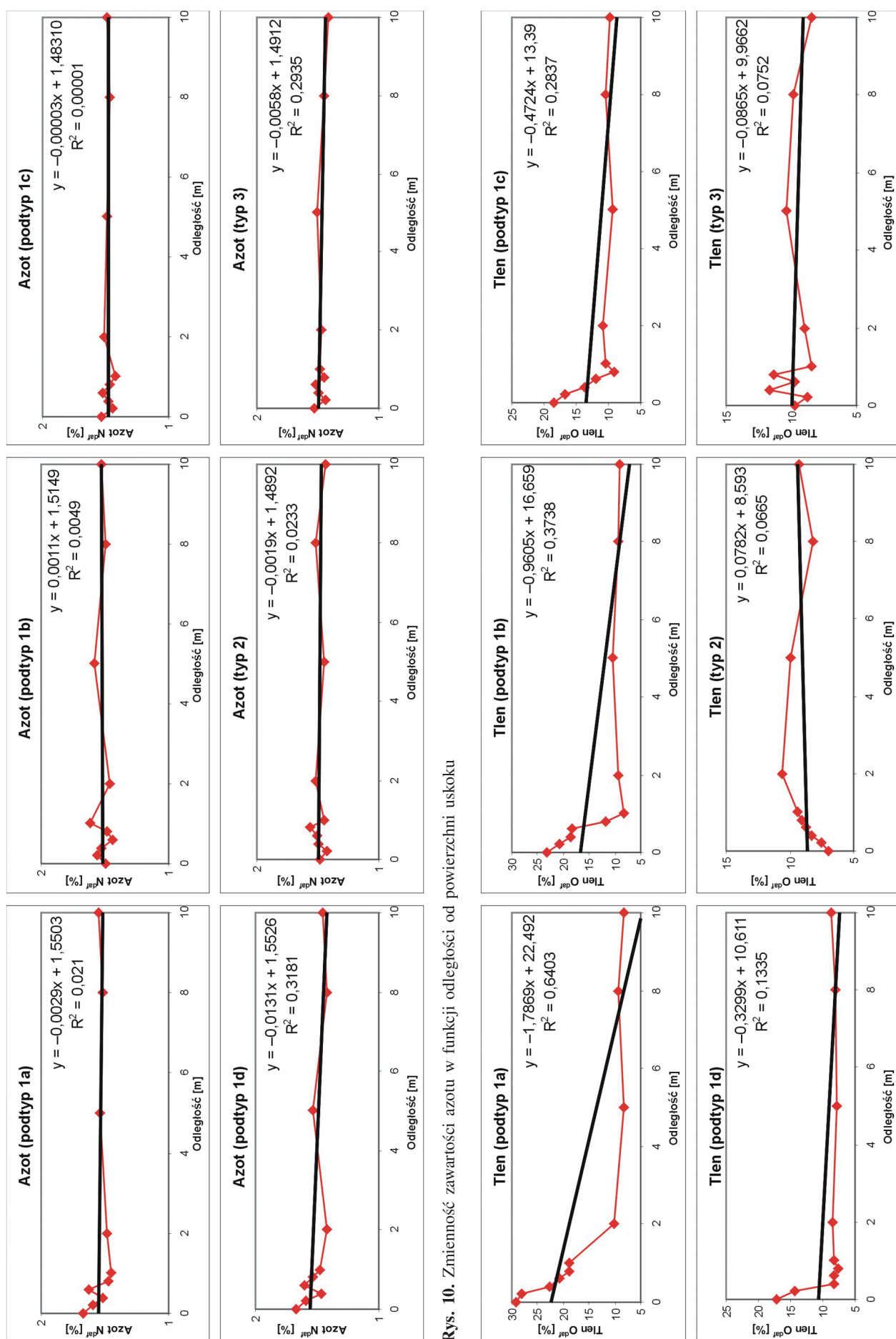


Rys. 7. Zmienność zawartości popiołu w funkcji odległości od powierzchni uskoku



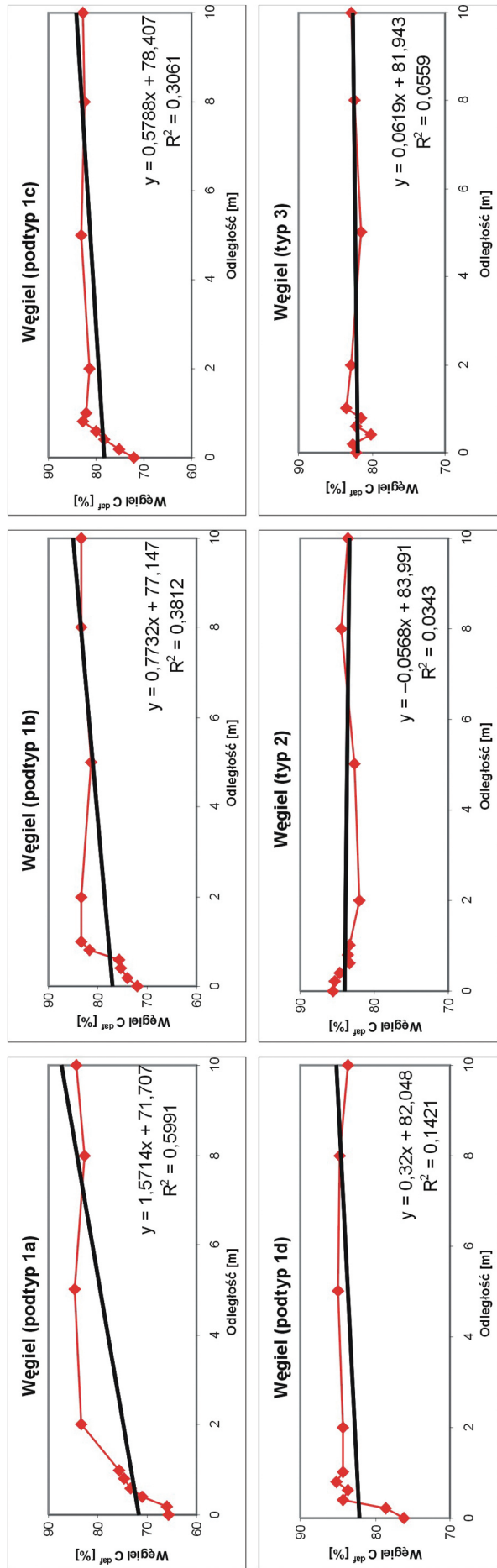
Rys. 8. Zmienność zawartości części lotnych w funkcji odległości od powierzchni uskoku

Rys. 9. Zmienność wartości ciepła spalania w funkcji odległości od powierzchni uskoku

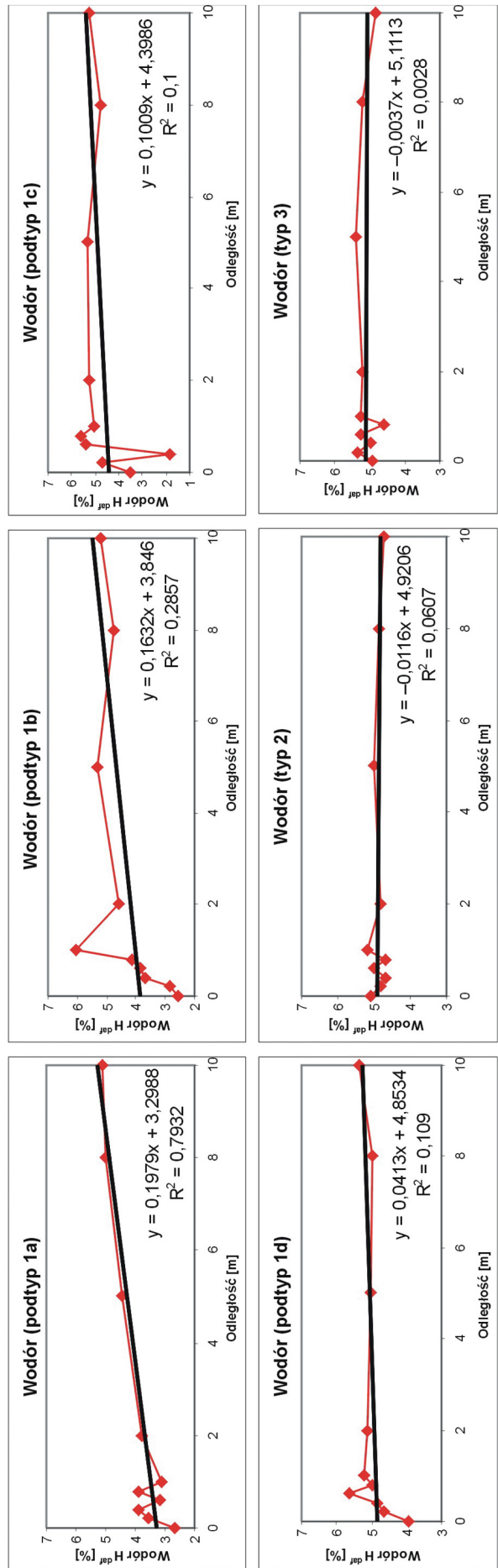


Rys. 10. Zmienność zawartości azotu w funkcji odległości od powierzchni uskoku

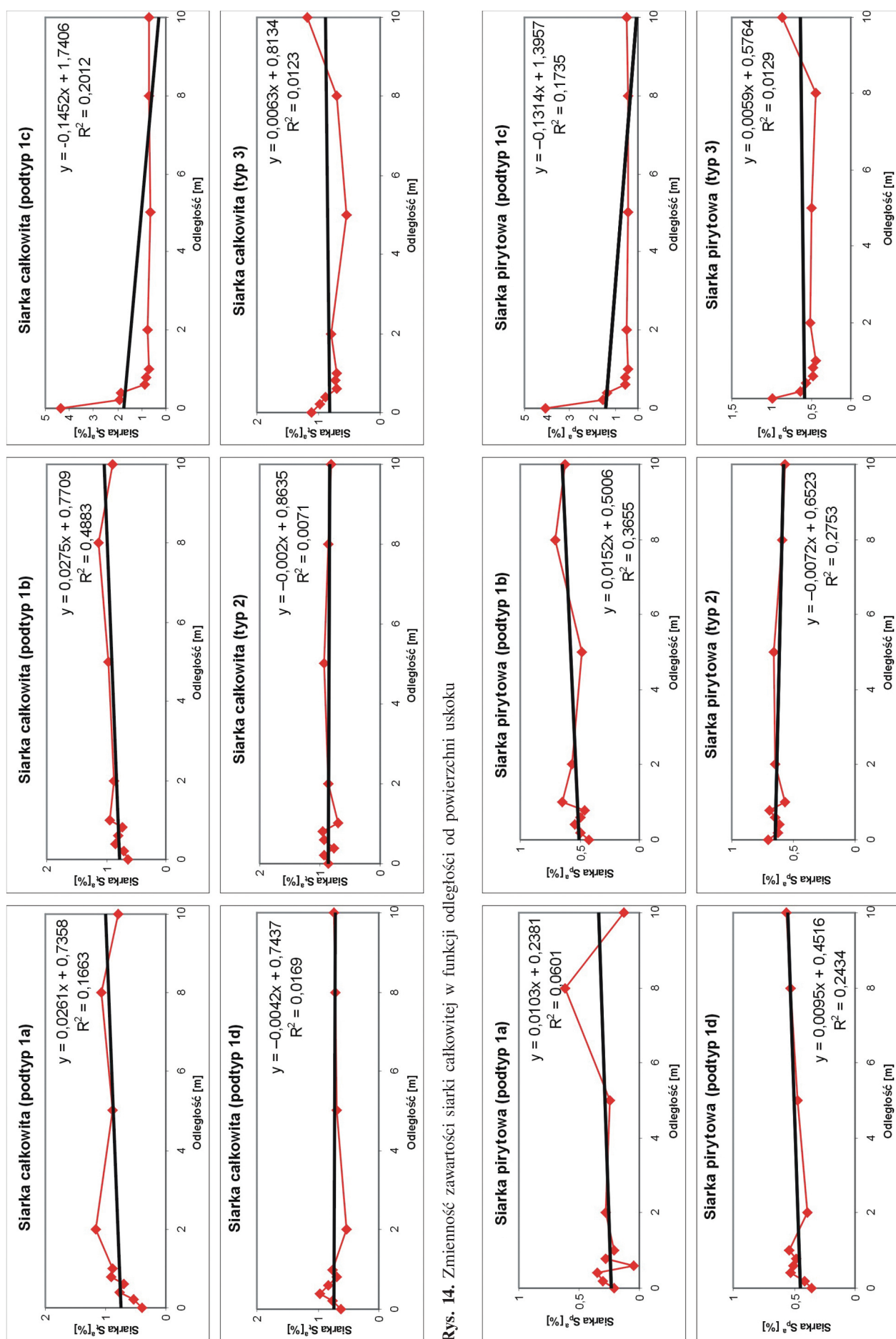
Rys. 11. Zmienność zawartości tlenu w funkcji odległości od powierzchni uskoku



Rys. 12. Zmienność zawartości pierwiastka węgla w funkcji odległości od powierzchni uskoku

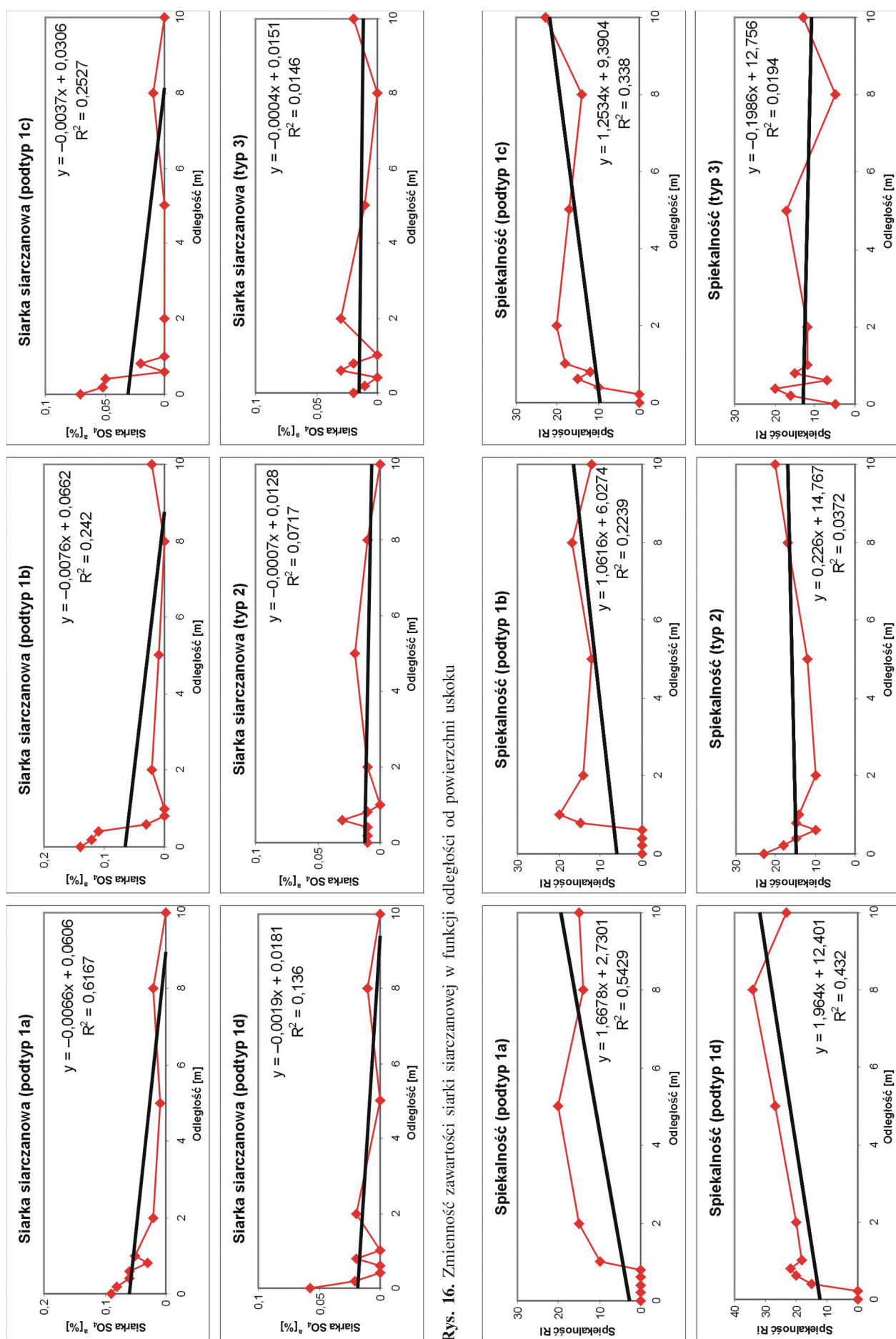


Rys. 13. Zmienność zawartości wodoru w funkcji odległości od powierzchni uskoku



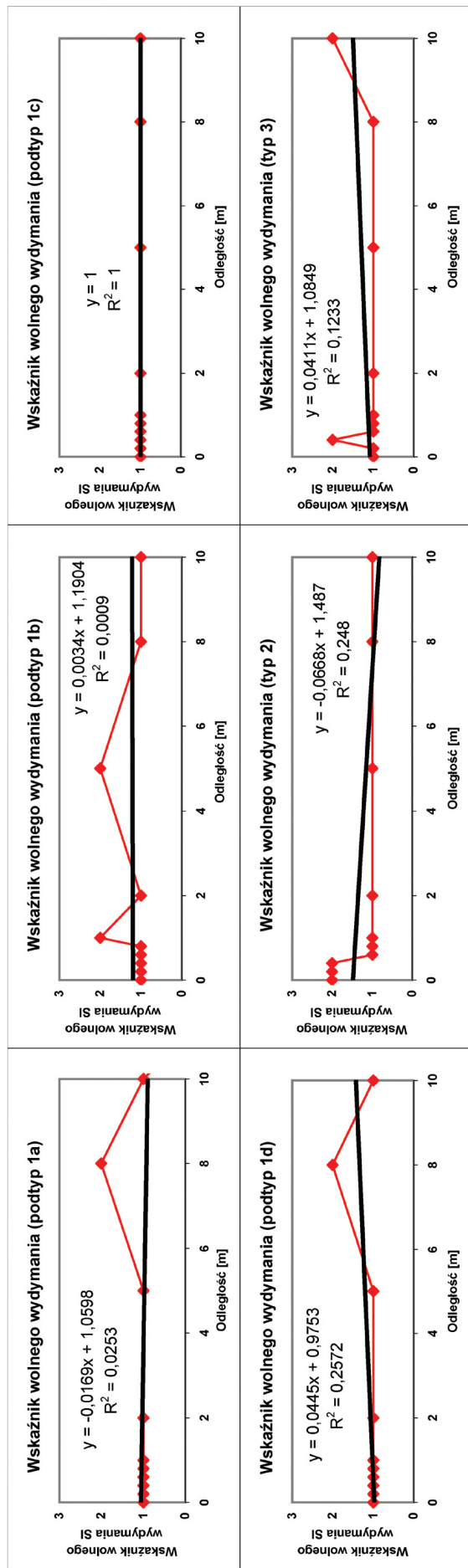
Rys. 14. Zmienność zawartości siarki całkowitej w funkcji odległości od powierzchni uskoku

Rys. 15. Zmienność zawartości siarki pirytowej w funkcji odległości od powierzchni uskoku

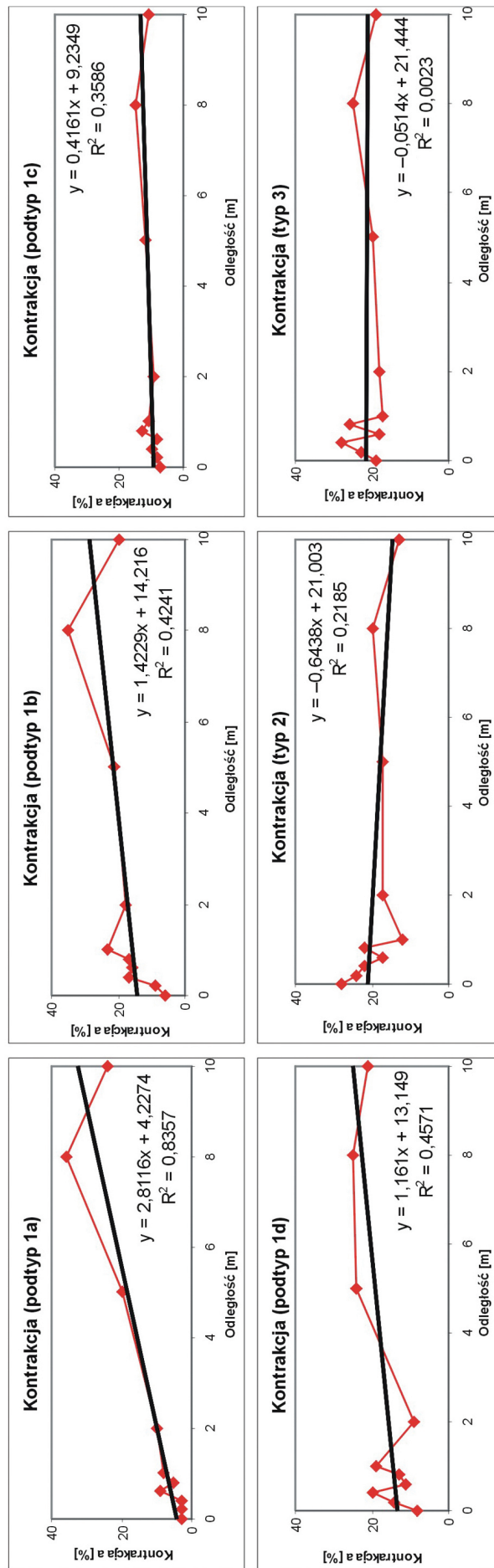


Rys. 16. Zmienność zawartości siarki siarczanowej w funkcji odległości od powierzchni uskoku

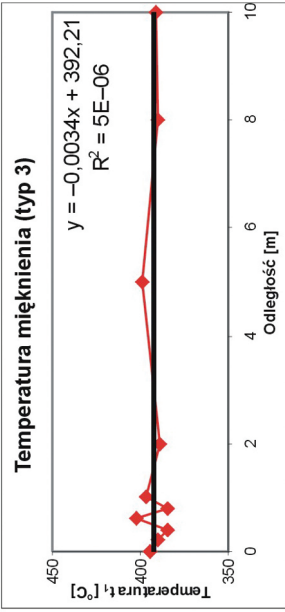
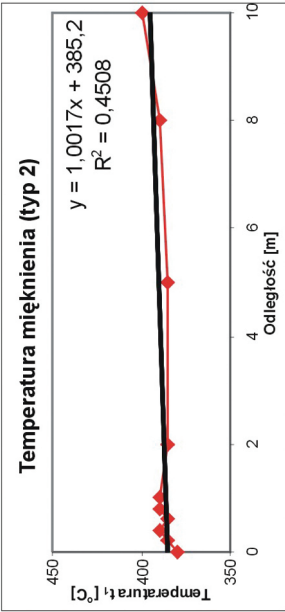
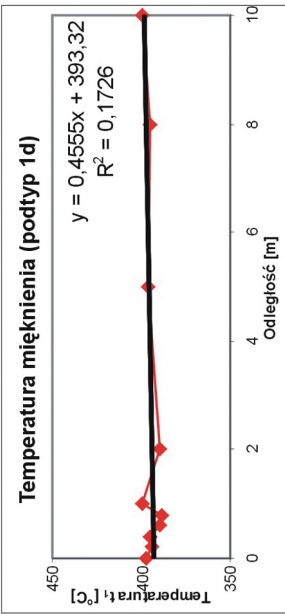
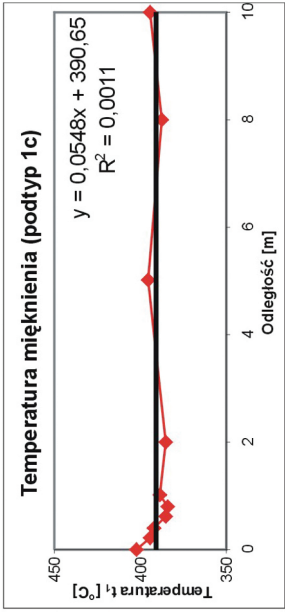
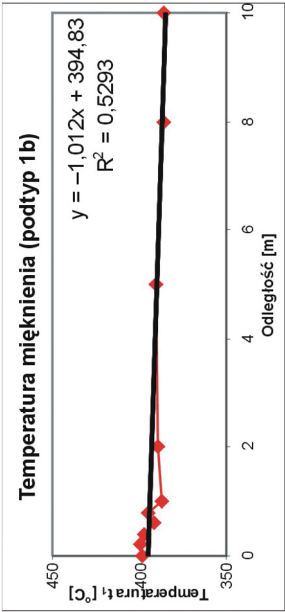
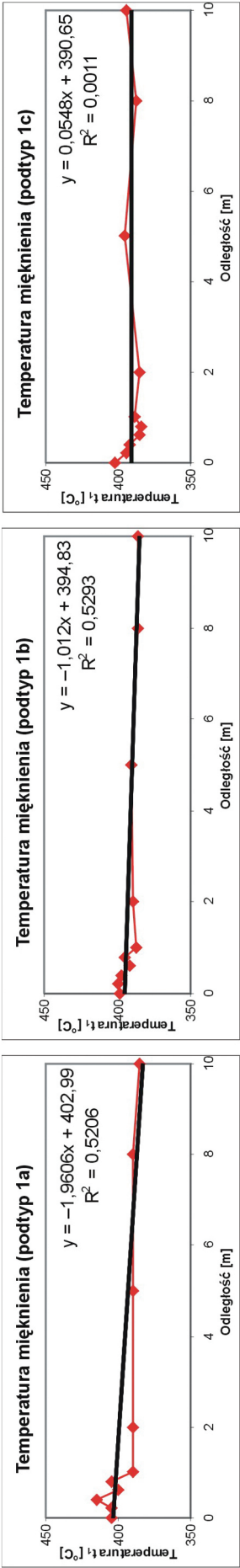
Rys. 17. Zmienność wartości spiekalności w funkcji odległości od powierzchni uskoku



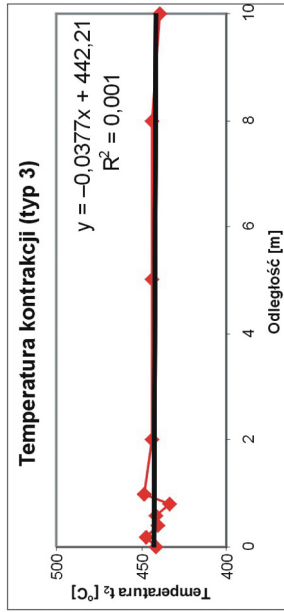
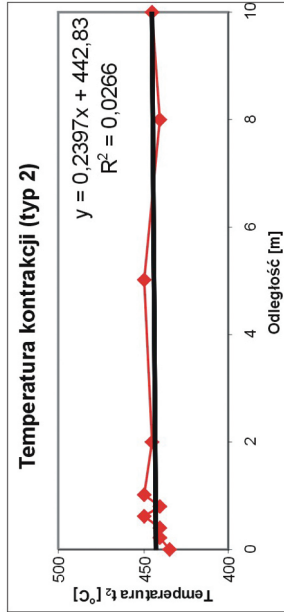
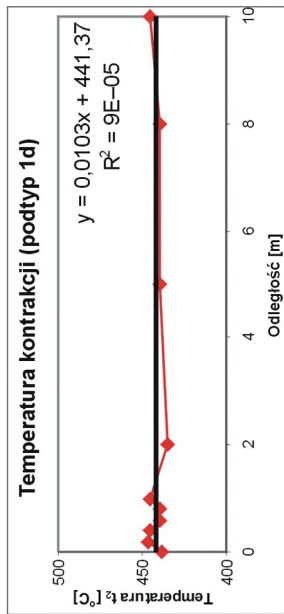
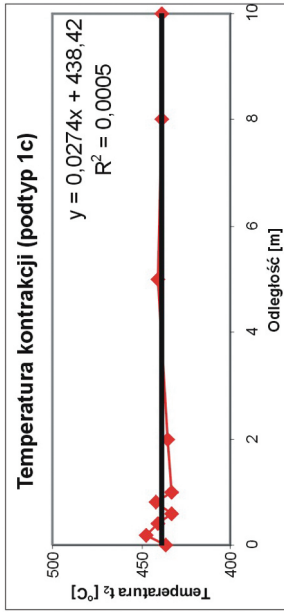
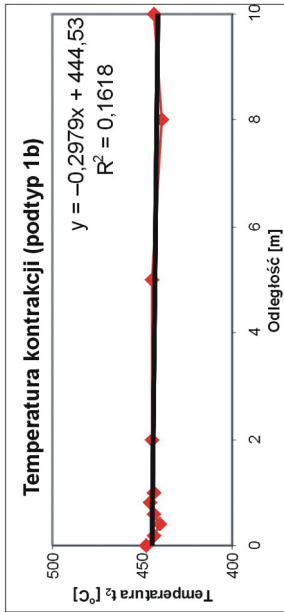
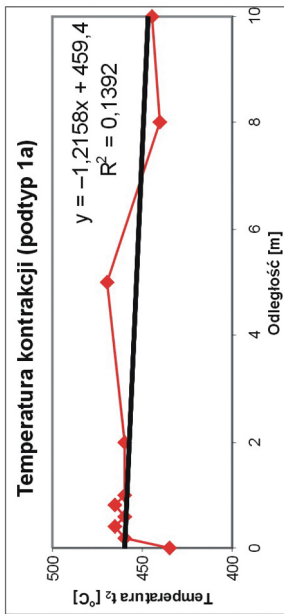
Rys. 18. Zmienność wartości wskaźnika wolnego wydymania w funkcji odległości od powierzchni uskoku



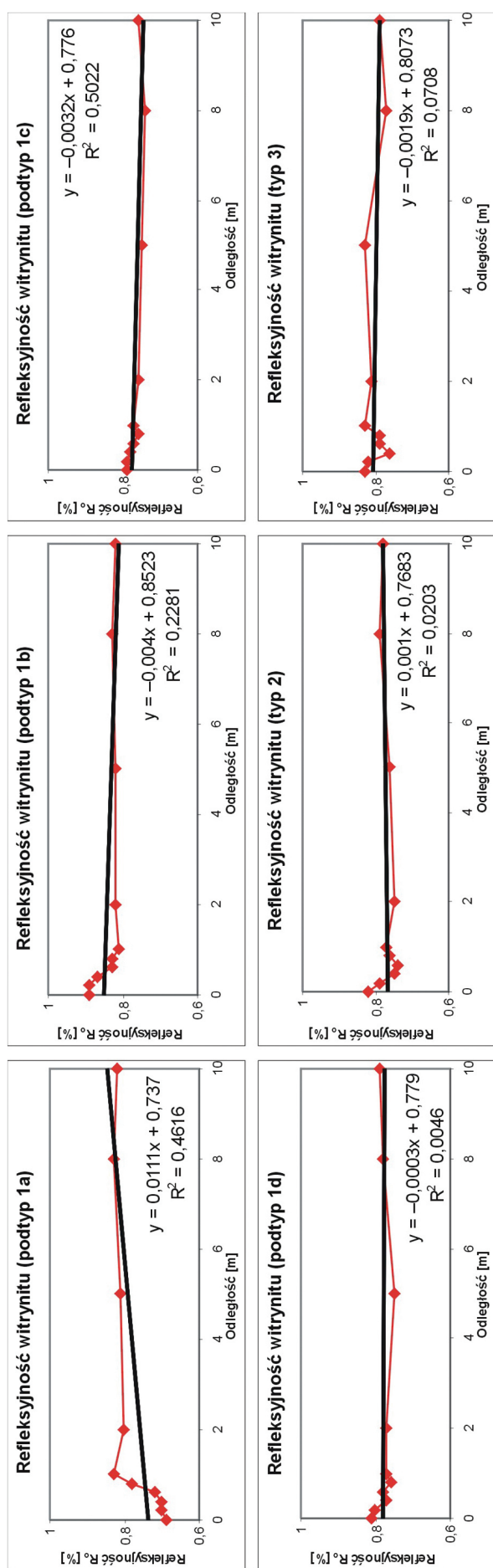
Rys. 19. Zmienność wartości kontrakcji w funkcji odległości od powierzchni uskoku



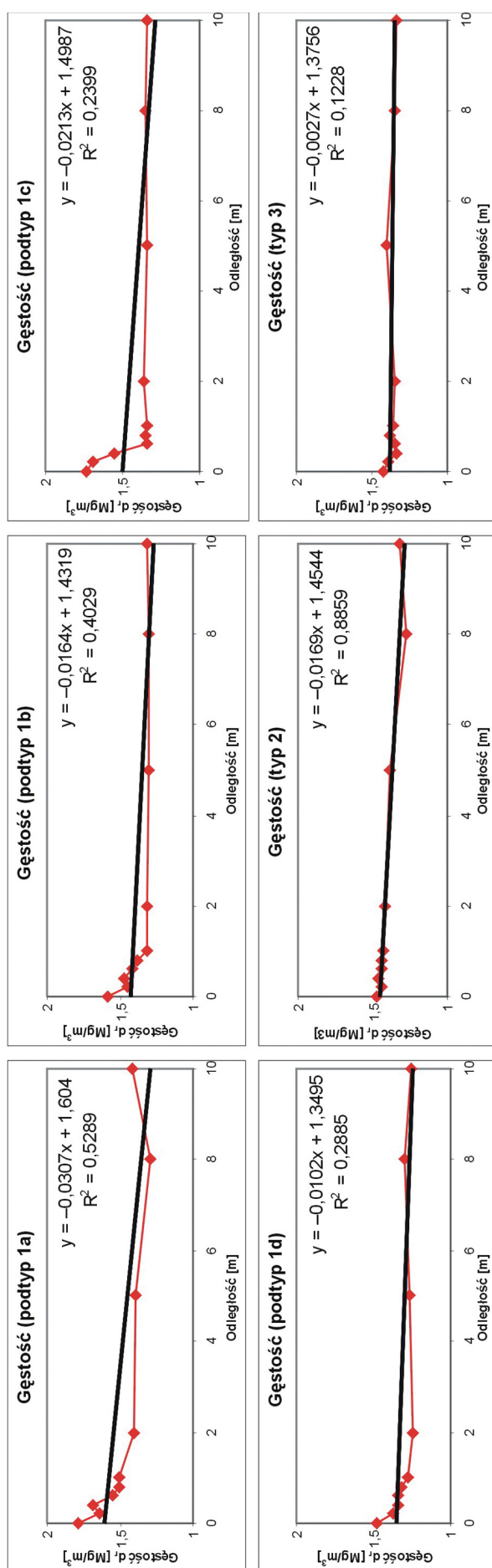
Rys. 20. Zmienność temperatury mięknienia w funkcji odległości od powierzchni uskoku



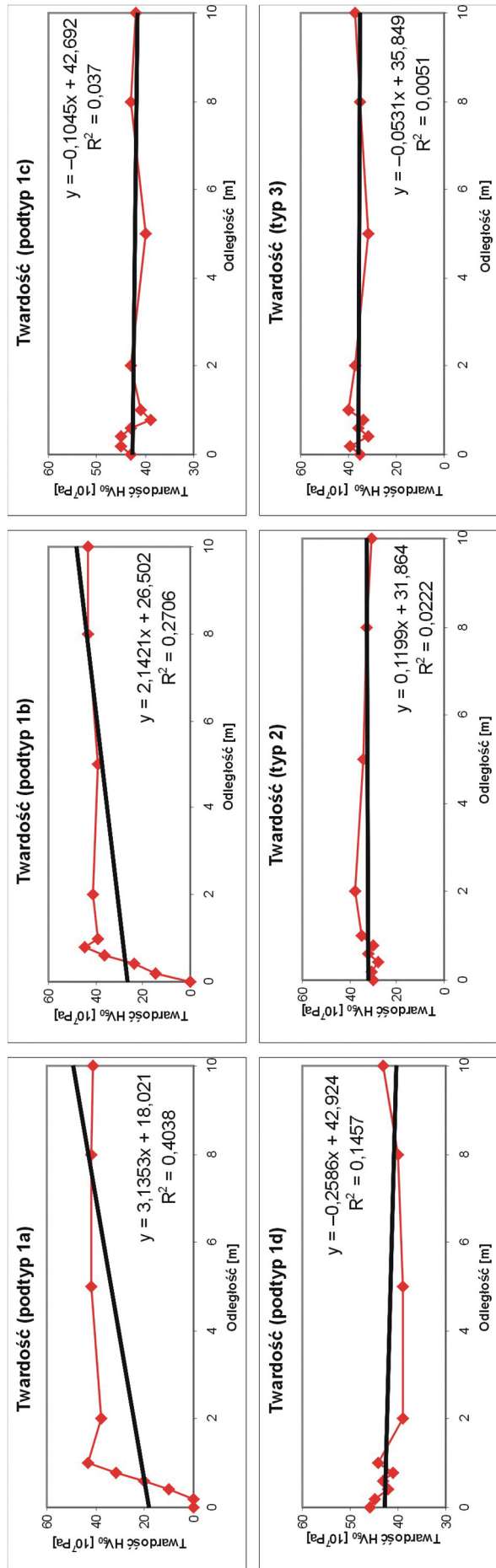
Rys. 21. Zmienność temperatury kontrakcji w funkcji odległości od powierzchni uskoku



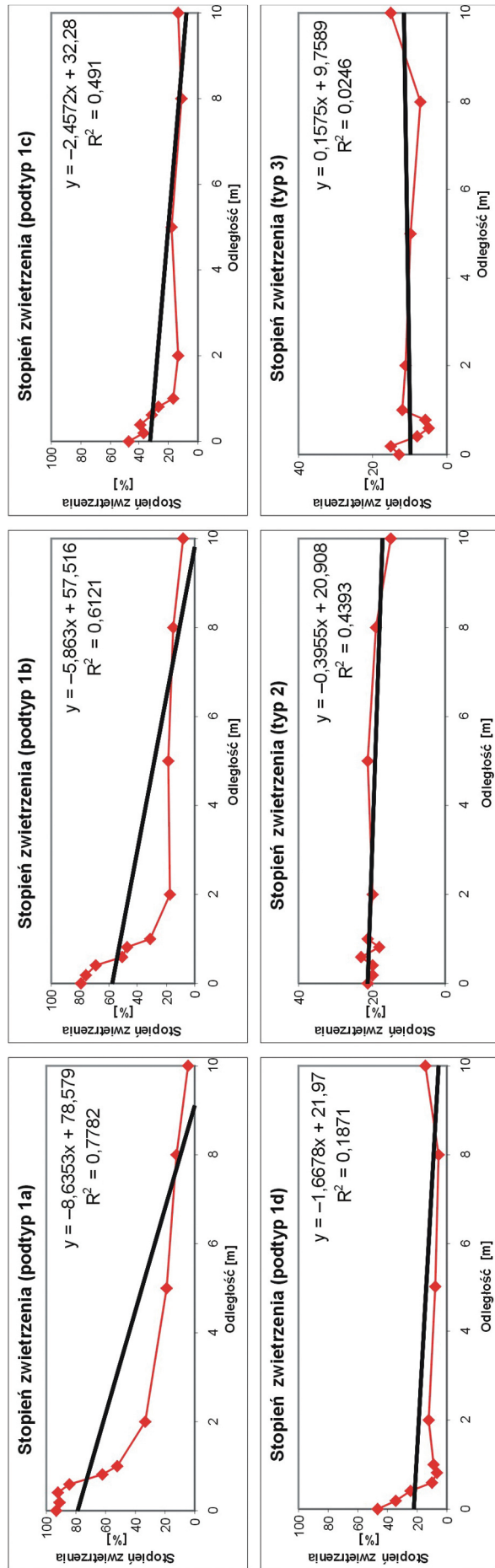
Rys. 22. Zmienność refleksyjności witrynu w funkcji odległości od powierzchni uskoku



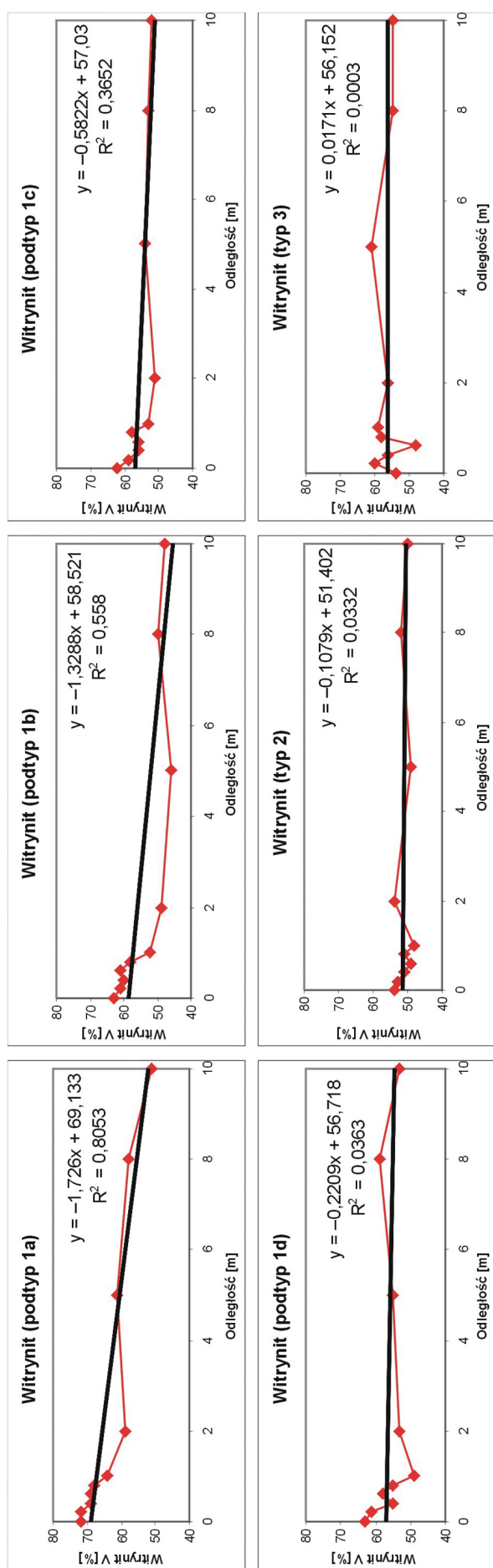
Rys. 23. Zmienność gęstości rzeczywistej w funkcji odległości od powierzchni uskoku



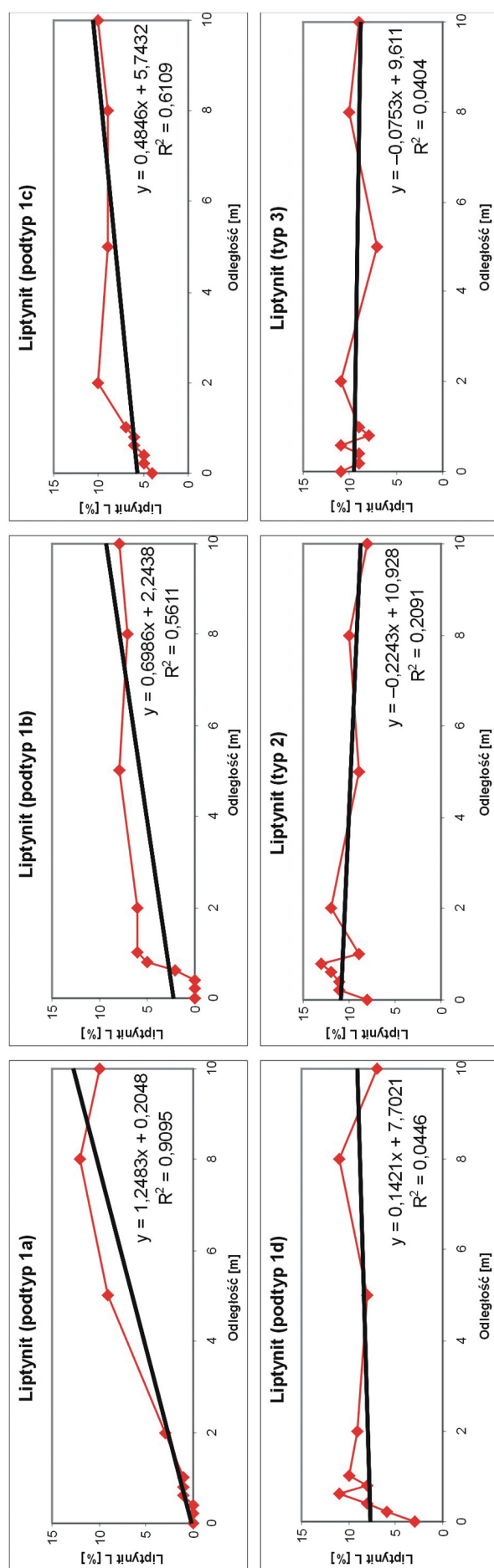
Rys. 24. Zmienność twardości w funkcji odległości od powierzchni uskoku



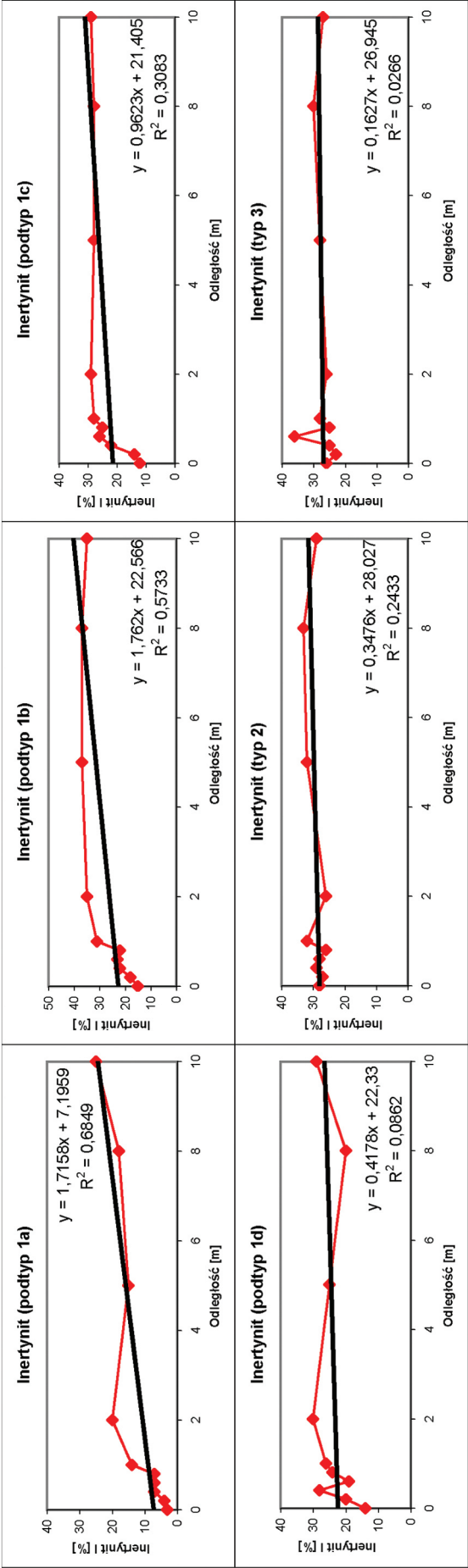
Rys. 25. Zmienność stopnia zwietrzenia w funkcji odległości od powierzchni uskoku



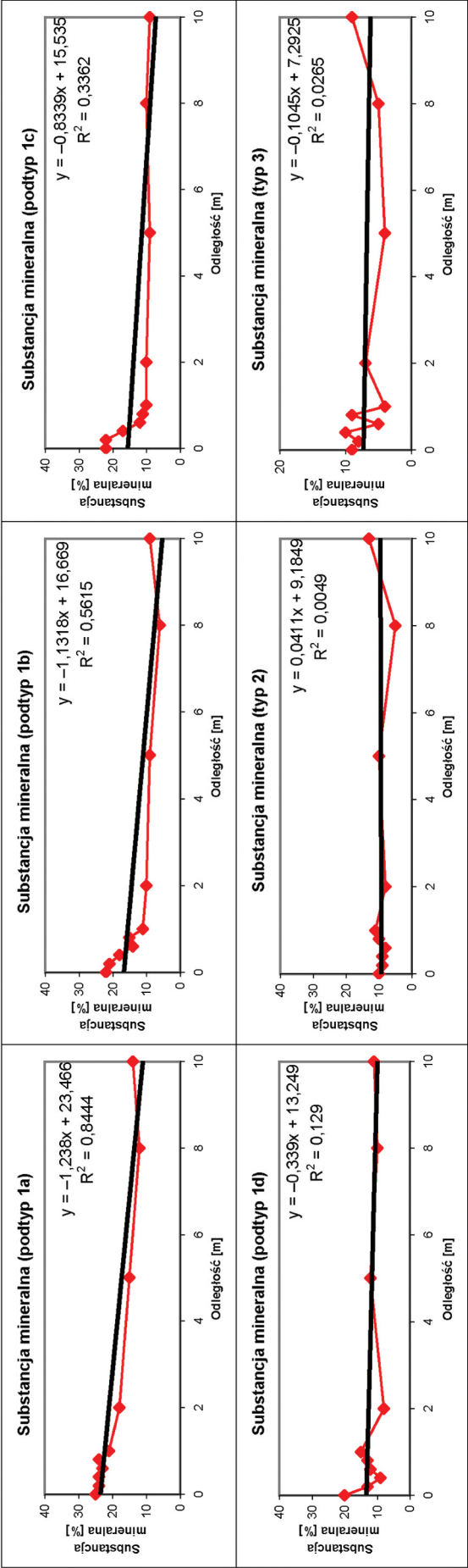
Rys. 26. Zmienność zawartości witrynytu w funkcji odległości od powierzchni uskoku



Rys. 27. Zmienność zawartości liptynitu w funkcji odległości od powierzchni uskoku



Rys. 28. Zmienność zawartości inertynitu w funkcji odległości od powierzchni uskoku



Rys. 29. Zmienność zawartości substancji mineralnej w funkcji odległości od powierzchni uskoku

(maksymalnie 1,74%) i nieznacznie wzrosła (o 6,2%) w stosunku do strefy niezmiennionej, przy niskiej wartości współczynnika zmienności wynoszącej 3,9%. Średnia zawartość tlenu w pobliżu uskoku wyniosła 21,6% (maksymalnie 29,5%) i znacząco wzrosła (o 134,8%) w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej, przy dużej wartości współczynnika zmienności (53,3%). Średnia zawartość pierwiastka węgla w strefie przyuskokowej wyniosła 70,5% (minimalnie 68,8%) i zmniejszyła się w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmiennionej, średnio o 16,6%, a niski współczynnik zmienności wynosił przeciętnie 10,1%. Obniżenie zawartości wodoru w rejonie uskoku (średnia zawartość 3,24%, minimalna 1,59%) w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmiennionej jest wyższe niż w przypadku pierwiastka węgla i wynosi 30%, przy przeciętnej wartości współczynnika zmienności (27,4%).

Zmienność zawartości siarki analizowano w aspekcie siarki całkowitej, piritowej i siarczanej. W strefie uskoku zawartość siarki całkowitej i piritowej (odpowiednio: średnia 0,65% i 0,22% oraz minimalna 0,19% i 0,09%) w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej uległa obniżeniu odpowiednio o 31,6% i 35,3%, przy średniej i dużej zmienności (wartości współczynników zmienności odpowiednio 27,4% i 46,1%). Obecność siarki siarczanej stwierdzono tylko w strefie przyuskokowej (średnio 0,07%, maksymalnie 0,17%). W stosunku do strefy niezmiennionej wzrost jej zawartości jest bardzo duży (600%), przy równie dużej zmienności (125%).

Wskaźniki własności koksowniczych węgla w strefie sąsiadującej z uskokiem podlegają znacznej degradacji, aż do całkowitego zaniku (tab. 6). W bezpośredniej bliskości powierzchni uskoku brak jest spiekalności i dylatacji, a wskaźnik wolnego wydymania odpowiada koksikowi nr 1, natomiast na odcinku do 2 m od niej spiekalność i kontrakcja (minimalnie 2%) w stosunku do strefy niezmiennionej znacznie obniżają swoją wartość (odpowiednio o 88,9% i 36,9%), wykazując bardzo dużą i dużą zmienność wartości (odpowiednio 102,7% i 50,3%). Zaobserwowano również wzrost temperatury początku plastyczności (o 1,4%) i obniżenie temperatury końca stanu plastycznego (o 0,5%) — a więc zawężenie stanu plastyczności węgla.

Wskaźniki własności fizycznych węgla, takie jak zdolność odbicia światła i twardość w sąsiedztwie strefy uskokowej obniżają swoją wartość, w przeciwieństwie do gęstości rzeczywistej i stopnia spękania, których wartość rośnie (tab. 6). Wartość refleksyjności maleje w strefie przyuskokowej i wynosi średnio 0,71% (minimalnie 0,58%),

a w odległości około 0,8 m od powierzchni uskoku rośnie powyżej średniej. Spadek wartości w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej wynosi 12,3%, przy niskiej zmienności (9,1%). Reflektogram w strefie oddziaływania procesów wietrzniowych obejmuje 7—8 V-klas, a maksymalna częstość (liczebność klasy) nie przekracza 30%, podczas gdy w odległości >5 m od powierzchni uskoku najczęściej obejmuje 4 V-klasy, a maksymalna liczebność klas dochodzi do 50% (rys. 5). Gęstość rzeczywista węgla zdecydowanie rośnie w strefie uskokowej (średnia $1,47 \text{ Mg/m}^3$), przyjmując maksymalnie wartość $1,79 \text{ Mg/m}^3$, natomiast wzrost wartości w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej wynosi 10,5%, przy niskiej zmienności (8,5%). Mikrotwardość w rejonie płaszczyzny uskoku (średnia $16,2 \times 10^7 \text{ Pa}$) obniża się do tego stopnia, że w niektórych przypadkach jest niemierzalna, a w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej jej wartość spada o 60,7%, przy dużej zmienności (62,7%). Intensywność spękań poszczególnych ziaren węglowych wyraźnie rośnie w kierunku powierzchni uskoku (średnia 79,1%, maksymalnie 94%), powodując ich dezintegrację w brekcji uskokowej, a w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej liczba ziaren spękanych rośnie o 359,1%. Zmienność intensywności spękań jest duża (64,8%).

Skład petrograficzny węgla w rejonach nieciągłości również ulega zmianie. Zawartość maceiałów grupy wityrytu i substancji mineralnej rośnie, a zawartość grupy liptynitów i inertynitów obniża się (tab. 6). W rejonie uskoku średnia zawartość maceiałów grupy wityrytu rośnie do 69% (maksymalnie do 76%), w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej rośnie o 21%, przy niskim stopniu zmienności (8,7%). Zawartość liptynitów zostaje zredukowana do zera na odcinku do 1 m (średnia 0,5%), a spadek jego zawartości w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej wynosi przeciętnie 93,7% przy bardzo dużej zmienności (122,8%). Średnia zawartość inertynitów spada do 5,5%, a obniżenie wartości w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej wynosi 69,4%, w przypadku dużej zmienności 70,5%. Znaczący wzrost natomiast odnotowano w stosunku do średniej zawartości substancji mineralnej w omawianej strefie (25%), która w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej wzrasta o 47,1%, przy przeciętnej zmienności (35,4%).

Próbka nr 4 stanowi charakterystyczny przykład zmienności jakości węgla dla tego podtypu, a wartości jego parametrów przedstawia tabela 7. Wynika z niej, że wartości poszczególnych parametrów w strefie przyuskokowej i poza nią są zbliżone do wartości średnich tego podtypu (tab. 6, 7). Średnie

wartości współczynników zmienności (odpowiednio 40,0% i 40,9%), podobnie jak wartość zmienności w strefie przyskokowej w stosunku do strefy niezmienionej (odpowiednio 35,7% i 39,2%), są do siebie zbliżone.

Podtyp 1b. Do podtypu drugiego włączono wszystkie te próbki węgla sąsiadujące z uskokami, w rejonie których intensywność przemian węgla była wysoka, ale wyraźnie niższa niż w podtypie pierwszym, a odcinek zmian nie przekraczał 1 m od powierzchni uskoku (tab. 2b, próbki 11—25). Kryteriami decydującymi o włączeniu do tego podtypu był wzrost zawartości wilgoci o ponad 20% i popiołu o ponad 50%, kilkuprocentowy (3—4%) wzrost refleksyjności witryny, spadek zawartości siarki całkowitej nieprzekraczający 25% i ponad 15% udział siarki siarczanowej w siarce całkowitej, zanik własności koksowniczych i zruszenie ciągłości warstw na odcinku do 0,4 m od płaszczyzny uskoku, przekraczający 50% wzrost zawartości tlenu, mniejszy niż 25% wzrost zawartości części lotnych i nieprzekraczający 25% spadek wartości ciepła spalania, mniejszy niż 15% spadek zawartości pierwiastka węgla oraz mniejsze od 25% obniżenie zawartości wodoru, spadek twardości nawet do zera, zanik liptyny na odcinku do 0,4 m, mniejsza od 80% liczba spękanych ziaren, brak lub niewielka dezintegracja ziarnowa. Dla wszystkich badanych parametrów w tym podtypie średnia wartość współczynnika zmienności waha się od 1,3% do 100%, przeciętnie wynosi 31,7%, a przeciętna wartość współczynnika korelacji R^2 Pearsona z odległością od powierzchni uskoku wynosi 0,37 (tab. 8). Reflektogramy nie wykazywały tak wyraźnych tendencji zmian jak w podtypie pierwszym (1a), dlatego nie zostały zamieszczone. Przykłady zmienności wartości poszczególnych parametrów węgla dla tego typu zmian przedstawia tabela 9 i wykresy (rys. 6—29; podtyp 1b).

Wskaźniki analizy technicznej węgla (tab. 8) były następujące: zawartość wilgoci w bezpośredniej bliskości uskoku wynosiła średnio 4,55% (maksymalnie 6,02%), a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej wzrosła przeciętnie o 28,9%, przy przeciętnej wartości współczynnika zmienności 18,3%. Najwyższa zawartość popiołu w bezpośredniej bliskości uskoku wyniosła 41,8% (średnio 15,2%), a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej wzrosła o 74,7% przy przeciętnej wartości współczynnika zmienności (27,7%). Maksymalna zawartość części lotnych wyniosła 43% (średnio 38%), a wzrost jej wartości w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej wyniósł 11,8%, przy małej (7,2%) wartości współczynnika zmienności. Średnia wartość ciepła spalania w strefie przyskokowej wyniosła 29,1

MJ/kg (minimalna 26,2 MJ/kg), a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej obniżyła się o 11,3%, przy małej (7,1%) wartości współczynnika zmienności.

Wskaźniki analizy elementarnej węgla (tab. 8). Średnia zawartość azotu w strefie przyskokowej 1,53% (maksymalnie 1,78%) nieznacznie rośnie (o 0,66%) w stosunku do strefy niezmienionej, przy niskiej wartości współczynnika zmienności wynoszącej 3,9%. Średnia zawartość tlenu (17,3%, maksymalnie 25,1%) rośnie w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej o 71,3%, przy przeciętnej wartości współczynnika zmienności (32,9%). Średnia zawartość pierwiastka węgla w strefie przyskokowej (76,3%, minimalna 69,2%) zmniejsza się, a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej maleje średnio o 7,2%, przy niskim współczynniku zmienności (4,9%). Obniżenie średniej zawartości wodoru w rejonie uskoku (3,9%, minimalnie 2,58%) w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej wynosi 23,5%, a wartość współczynnika zmienności jest niska (18%).

W strefie uskoku średnia zawartość siarki całkowitej i pirytowej (odpowiednio 0,71%, 0,35%, minimalna 0,38% i 0,2%) w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej uległa obniżeniu odpowiednio o 23,6% i 22,2%, przy średniej zmienności (odpowiednio 20,7% i 35%). Obecność siarki siarczanowej stwierdzono tylko w strefie przyskokowej (średnio 0,06%, maksymalnie 0,14%), wzrost jej zawartości w stosunku do strefy niezmienionej wynosił 500%, przy dużej zmienności (100%).

Wskaźniki własności koksowniczych węgla (tab. 8) podlegają znacznej redukcji, aż do całkowitego zaniku (spiekalność). Wskaźnik wolnego wydymania i kontrakcja (średnia 6,8%) przyjmują najniższe wartości (odpowiednio: koksik nr 1 i 2%) na odcinku do 0,4 m od powierzchni uskoku, a kontrakcja i spiekalność obniżają swą wartość o 82,8% i 64,4%, wykazując dużą zmienność wartości (odpowiednio o 66,7% i 94,1%). Niewielki wzrost i obniżenie wartości temperatury początku i końca stanu plastyczności (odpowiednio o 1,1% i 0,2%) sugeruje zawężenie zakresu stanu plastyczności.

Wartość wskaźników fizycznych węgla (tab. 8), takich jak zdolność odbicia światła, gęstość rzeczywista i stopień spękania rośnie, w przeciwieństwie do mikrotwardości, która obniża swą wartość w sąsiedztwie strefy uskoku. Średnia wartość refleksyjności w bezpośredniej bliskości uskoku (0,79%, minimalnie 0,61%) jest wyższa w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej o 6,8%, przy niskiej zmienności (3,7%). Gęstość rzeczywista węgla wyraźnie rośnie w strefie uskoku (średnia 1,48 Mg/m³, maksymalnie 1,79 Mg/m³),

nionej wynosi 35,3%, przy przeciętnej zmienności (30,2%). Średnia zawartość substancji mineralnej (maksymalnie 26%) w strefie przyuskokowej wynosi 14,5%, a w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej rośnie o 45%, przy dużej zmienności 50%.

Charakterystyczny przykład zmienności jakości węgla dla tego podtypu stanowi próbka nr 21, a wartości jego parametrów przedstawia tabela 9. Wynika z niej, że wartości poszczególnych parametrów w strefie przyuskokowej i poza nią są zbliżone do wartości średnich podtypu (tab. 8, 9). Średnie wartości współczynników zmienności są jednakowe (31,7%), a wartości zmienności w strefie przyuskokowej w stosunku do strefy niezmienionej (odpowiednio 41,9% i 30,1%) różnią się od siebie w niewielkim stopniu.

Podtyp 1c. Podtyp trzeci (tab. 2c, próbki 26—37) cechuje najmniejsza intensywność i odległość oddziaływania procesów utleniania, ograniczona do bezpośredniej bliskości powierzchni uskoku (odcinka 0,0—0,6 m). Najistotniejszymi kryteriami wyróżniania go była znacznie podwyższona, w brekcji tektonicznej i w pokładzie, zawartość siarki całkowitej i piritowej (o ponad 100%), ponad 35% wzrost gęstości rzeczywistej, ponad 50% wzrost zawartości substancji mineralnej, głównie piryty i substancji ilastej oraz kilkuprocentowy wzrost zawartości wilgoci, siarki siarczanowej i minimalny wzrost lub brak zmian refleksyjności. Ponadto obserwowano kilkuprocentowy spadek zawartości części lotnych, węgla, wodoru, twardości i wartości parametrów decydujących o własnościach koksowniczych. Zmiany składników petrograficznych, jak: niewielkie obniżenie zawartości liptynitów, nieprzekraczająca 50% liczba spękanych ziaren wityritu oraz brak dezintegracji ziarnowej świadczą o niewielkiej skali przeobrażeń. Reflektogramy nie wykazywały wyraźnych tendencji w rozkładzie wartości refleksyjności. Dla wszystkich badanych parametrów w tym podtypie średnia wartość współczynnika zmienności waha się od 1,3% do 166,7%, przeciętnie wynosi 36,5%, a średnia wartość współczynnika korelacji R^2 Pearsona z odległością od powierzchni uskoku wynosi 0,25 (tab. 10). Przykłady zmienności wartości poszczególnych parametrów węgla dla tego podtypu przedstawia tabela 11 i wykresy (rys. 6—29; podtyp 1c).

Wskaźniki analizy technicznej węgla (tab. 10) pokazują, że zawartość wilgoci w bezpośredniej bliskości uskoku nieznacznie rośnie (średnia 3%, maksymalnie 5,98%), a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej wzrosła przeciętnie o 10,3%, przy przeciętnej wartości współczynnika zmienności (26,7%). Najwyższa zawartość po-

piołu w bezpośredniej bliskości uskoku wyniosła 39,2% (średnia 19,3%), a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej wzrosła o 171,8%, przy dużej wartości współczynnika zmienności (43,6%). Średnia zawartość części lotnych w strefie przyuskokowej uległa obniżeniu (średnia 34,6%, minimalna 24,7%), a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej obniżyła się przeciętnie o 5,7%, przy małej (4,7%) wartości współczynnika zmienności. Średnia wartość ciepła spalania w sąsiedztwie powierzchni nieciągłości (31,2 MJ/kg, minimalna 26,9 MJ/kg) w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej, obniżyła się o 5,4%, przy małej (3,8%) wartości współczynnika zmienności.

Wskaźniki analizy elementarnej węgla (tab. 10) były następujące: średnia zawartość azotu w strefie przyuskokowej (1,46%, minimalnie 1,31%) nieznacznie spadała (o 2%) w stosunku do strefy niezmienionej, przy niskiej wartości współczynnika zmienności wynoszącej 2,7%. Zawartość tlenu w strefie przyuskokowej (średnia 11,6%, maksymalnie 18,9%) rosła w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej o 27,5%, przy przeciętnej wartości współczynnika zmienności (28,1%). Zawartość pierwiastka węgla w strefie przyuskokowej (średnia 79,1%, minimalnie 66,8%) zmniejszyła się, a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej zmalała średnio o 4,9%, przy niskim współczynniku zmienności (3,7%). Obniżenie zawartości wodoru (średnia 4,76%, minimalnie 3,1%) w rejonie uskoku w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej wyniosło 10,4%, a wartość współczynnika zmienności była przeciętna (20,2%).

W strefie uskoku zawartość siarki całkowitej i piritowej ekstremalnie rosła (odpowiednio średnia 2,28% i 1,57%, maksymalnie 8,25% i 6,94%), a w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej wzrosła odpowiednio o 192,3% i 823,5%, przy zmienności odpowiednio dużej i bardzo dużej (odpowiednio 84,1% i 157,5%). Obecność siarki siarczanowej stwierdzono tylko w strefie przyuskokowej (średnia 0,07%, maksymalnie 0,51%), wzrost jej zawartości w stosunku do strefy niezmienionej wyniósł 600%, przy skrajnie dużej zmienności (166,7%).

Wskaźniki własności koksowniczych węgla (tab. 10) podlegają znacznej degradacji aż do całkowitego zaniku, jedynie w niektórych przypadkach na odcinku do 0,4 m od powierzchni uskoku. Wskaźnik wolnego wydymania obniża się (koksiki nr 1—3). Spiekalność wykazuje przeciętną i małą zmienność wartości (38,4%), a w stosunku do strefy niezmienionej jej wartość spada o 68,3%. Znacząco na tym odcinku obniża również swą wartość kontrakcja (średnia 14,8%, minimalnie do

Tabela 8

Zakres zmienności wartości badanych parametrów węgla dla drugiego podtypu zmienności (1b)

Rodzaj parametru	Wartość min./maks.	Średnia na odcinku 0—10/0—0,8 m	Standardowe odchylenie		Współczynnik zmienności [%]		Średnia na odcinku 1—10 m	0—0,8/1—10 maks./ 1—10 [%]	R ²
			min./maks.	średnia	min./maks.	średnia			
1	2	3	4		5		6	7/8	9
Wskaźniki analizy technicznej									
W ^a [%]	2,81/6,02	4,04/4,55	0,42/0,98	0,74	10,4/24,2	18,3	3,53	28,9/70,5	0,28
A ^a [%]	5,7/41,8	11,9/15,2	2,21/11,40	3,30	18,5/95,8	27,7	8,7	74,7/380,5	0,35
V ^{daf} [%]	32,1/43,0	36,0/38,0	1,93/8,11	2,60	5,3/22,5	7,2	34,0	11,8/26,5	0,05
Q ^s daf [MJ/kg]	26,2/34,1	30,9/29,1	1,82/3,60	2,20	5,8/11,6	7,1	32,8	−11,3/−20,1	0,43
Wskaźniki analizy elementarnej									
N ^{daf} [%]	1,39/1,78	1,52/1,53	0,04/0,10	0,06	2,6/6,6	3,9	1,52	0,66/17,1	0,01
O ^{daf} [%]	7,4/25,1	13,7/17,3	3,31/6,53	4,50	24,1/47,4	32,9	10,1	71,3/148,5	0,37
C ^{daf} [%]	69,2/84,0	79,3/76,3	3,22/5,21	3,90	4,0/6,6	4,9	82,2	−7,2/−9,2	0,38
H ^{daf} [%]	2,58/6,23	4,50/3,90	0,59/1,16	0,81	13,1/25,8	18,0	5,10	−23,5/−49,4	0,29
S _t ^a [%]	0,38/1,37	0,82/0,71	0,12/0,20	0,17	14,6/24,4	20,7	0,93	−23,6/−59,1	0,49
S _p ^a [%]	0,20/0,80	0,40/0,35	0,05/0,17	0,14	12,5/42,5	35,0	0,45	−22,2/−55,6	0,36
S _{SO₄} ^a [%]	0,01/0,14	0,04/0,06	0,03/0,08	0,04	75,0/200,0	100,0	0,01	500,0/1300,0	0,24
Wskaźniki własności koksowniczych									
RI	0,0/27	8,5/2,5	7,12/8,94	8,00	83,5/104,7	94,1	14,5	−82,8/0,0	0,22
SI	1/3	—	—	—	—	—	—	—	—
a [%]	2,0/36,0	12,9/6,8	2,83/12,52	8,60	21,7/96,9	66,7	19,1	−64,4/-89,5	0,42
t ₁ [°C]	380/415	392,1/394,1	4,22/9,81	6,10	1,1/2,5	1,6	390,1	1,1/6,5	0,53
t ₂ [°C]	433/470	444,0/445,2	2,42/11,70	5,80	0,5/2,6	1,3	444,0	0,2/5,8	0,16
Wskaźniki własności fizycznych									
R _m ^a [%]	0,61/0,83	0,76/0,79	0,02/0,06	0,03	2,6/7,9	3,7	0,74	6,8/12,2	0,48
d _r [Mg/m ³]	1,29/1,79	1,42/1,48	0,04/0,17	0,09	2,8/12,0	6,3	1,35	9,6/32,6	0,40
HV ₅₀ [10 ⁷ Pa]	0/48	32,5/28,0	12,82/16,30	14,10	39,1/49,8	43,1	36,5	−23,3/0,0	0,27
Spękania [%]	2/79	39,5/62,0	22,20/37,51	30,90	56,3/95,2	78,4	16,5	275,7/378,8	0,61
Skład petrograficzny									
V [%]	46/64	55,5/61,5	4,43/8,92	6,50	8,0/16,1	11,7	49,5	24,2/29,3	0,55
L [%]	0,0/12	4,5/2,5	2,80/3,82	3,00	60,9/82,6	65,2	7,0	−64,3/0,0	0,56
I [%]	13/43	28,0/22,1	6,91/9,70	8,40	24,8/34,9	30,2	34,0	−35,3/−61,8	0,58
SM [%]	6/26	12,1/14,5	5,13/6,90	6,10	41,8/56,6	50,0	10,0	45,0/160,0	0,54
Średnia:						31,7		30,1	0,37

Objaśnienia jak w tabeli 6.

natomiast wzrost wartości w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej wyniósł 9,6%, przy niskiej zmienności (6,3%). Mikrotwardość w sąsiedztwie powierzchni uskoku (średnio 28×10^7 Pa) w niektórych przypadkach jest niemierzalna, a w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej jej wartość spada o 23,3% przy dużej zmienności (43,1%). Intensywność spękań poszczególnych ziaren węglowych wyraźnie rośnie w kierunku powierzchni uskoku (średnia 62%, maksymalnie 79%), powodując ich dezintegrację w brekcji uskokowej, a w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej liczba ziaren spękanych rośnie o 275,7%. Zmienność intensywności spękań jest duża (78,4%).

Skład petrograficzny węgla (tab. 8) w strefach nieciągłości również wykazuje pewną zmienność. Zawartość macerałów grupy wityrytu i substancji mineralnej rośnie, a grupy liptynytu i inertynytu się obniża. Wzrost zawartości macerałów grupy wityrytu (średnia 61,5%, maksymalnie 64%) w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej wynosi 24,2%, przy niskim stopniu zmienności (11,7%). Zawartość liptynytu zostaje zredukowana do zera na odcinku do 0,4 m, a spadek zawartości w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej wynosi 64,3%, przy dużej zmienności (65,2%). Zawartość inertynytu w sąsiedztwie powierzchni uskoku (średnia 22,1%) spada maksymalnie do 13%, a obniżenie wartości w stosunku do średniej dla strefy niezmie-

Tabela 9

Typowe wartości badanych parametrów charakterystyczne dla drugiego (1b) podtypu zmienności (próbka nr 21)

Rodzaj parametru	Odległość [m]								Wartość min./maks.	Średnia na odcinku 0—10 m	Średnia na odcinku 0—0,8 m	Standardowe odchylenie	Współczynnik zmienności [%]	Średnia na odcinku 1—10 m	Zmienność [%]	
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	5								8
Wskaźniki analizy technicznej																
W ^a [%]	5,64	4,67	4,23	3,95	3,21	2,93	2,91	3,07	2,83	3,21	2,83/5,64	3,67	4,34	25,6	2,99	45,1
A ^a [%]	17,6	15,4	10,9	8,7	9,7	7,9	8,3	6,3	6,9	7,4	6,3/17,6	9,9	12,5	37,9	7,4	69,1
V ^{daf} [%]	39,7	39,6	34,9	31,1	33,1	32,7	33,5	34,5	34,2	33,8	31,1/39,7	34,7	35,7	8,1	33,8	5,8
Q _s ^{daf} [MJ/kg]	26,2	28,4	28,9	30,5	29,8	33,3	33,1	34,1	33,5	33,0	26,2/34,1	31,1	28,8	8,6	33,4	−13,8
Wskaźniki analizy elementarnej																
N ^{daf} [%]	1,49	1,56	1,53	1,44	1,48	1,62	1,46	1,58	1,49	1,53	1,44/1,62	1,52	1,50	3,9	1,54	−2,6
O ^{daf} [%]	23,3	20,9	18,5	18,3	11,8	8,2	9,5	10,6	9,5	9,1	8,2/23,3	14,0	18,6	40,5	9,4	98,2
C ^{daf} [%]	72,1	73,9	75,3	75,7	81,7	83,3	83,2	81,5	83,3	83,2	72,1/83,3	79,3	75,7	5,7	82,9	−8,64
H ^{daf} [%]	2,58	2,86	3,67	3,88	4,11	6,05	4,60	5,34	4,73	5,21	2,58/6,05	4,30	3,42	25,6	5,19	−34,1
S _t ^a [%]	0,64	0,70	0,85	0,79	0,72	0,93	0,87	0,96	1,12	0,90	0,64/1,12	0,85	0,74	16,5	0,96	−22,92
S _p ^a [%]	0,42	0,49	0,54	0,50	0,46	0,65	0,57	0,48	0,70	0,62	0,42/0,70	0,54	0,48	16,7	0,60	−20,0
S _{so₄} ^a [%]	0,14	0,12	0,11	0,03	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,0/0,14	0,05	0,08	122,2	0,01	700,0
Wskaźniki własności koksowniczych																
RI	0	0	0	0	15	20	14	12	17	12	0/20	9,0	3,0	89,8	15,0	−80,0
SI	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	0/2	—	—	—	—	—
a [%]	6,0	9,2	16,8	16,5	17,0	22,5	18,9	21,0	35,0	19,1	6,0/35,0	18,2	13,0	43,2	23,3	−44,44
t ₁ [°C]	398	399	397	392	395	387	389	391	386	386	386/399	392,0	396,2	1,3	387,8	2,2
t ₂ [°C]	448	443	440	444	446	444	445	445	439	443	439/448	443,7	444,2	0,6	443,2	0,2
Wskaźniki własności fizycznych																
R _m ^a [%]	0,89	0,89	0,87	0,83	0,83	0,81	0,82	0,82	0,83	0,82	0,81/0,89	0,84	0,86	3,6	0,82	4,88
d _r [Mg/m ³]	1,58	1,45	1,47	1,42	1,38	1,32	1,32	1,30	1,30	1,32	1,30/1,58	1,39	1,46	6,5	1,31	11,5
HV ₅₀ [10 ⁷ Pa]	0	15	24	36	39	45	41	39	43	43	0,0/45,0	32,5	22,8	45,6	42,2	−46,0
Spękania [%]	79	76	69	51	47	31	17	18	15	8	8,0/79,0	41,1	64,4	65,7	17,8	261,8
Skład petrograficzny																
V [%]	63	61	60	61	58	52	49	46	50	48	46/63	54,8	60,6	11,7	49,0	23,7
L [%]	0	0	0	2	5	6	6	8	7	8	0/8	4,2	1,4	80,0	7,0	−80,0
I [%]	15	18	22	23	22	31	35	37	37	35	15/37	27,5	20,0	30,5	35,0	−42,9
SM [%]	22	21	18	14	15	11	10	9	6	9	6/22	13,5	18,0	40,3	9,0	100,0
Średnia:																

Tabela 10

Zakres zmienności wartości badanych parametrów węgla dla trzeciego podtypu zmienności (1c)

Rodzaj parametru	Wartość min./maks.	Średnia na odcinku 0—10/0—0,6 m	Standardowe odchylenie		Współczynnik zmienności [%]		Średnia na odcinku 0,8—10 m	0—0,6/0,8—10 maks./ 0,8—10 [%]	R ²
			min./maks.	średnia	min./maks.	średnia			
1	2	3	4		5		6	7/8	9
Wskaźniki analizy technicznej									
W ^a [%]	0,63/5,98	1,50/3,00	0,24/0,79	0,41	16,0/52,7	26,7	2,72	10,3/119,8	0,23
A ^a [%]	3,7/39,2	12,6/19,3	3,40/10,21	5,52	27,0/80,9	43,6	7,1	171,8/552,1	0,47
V ^{daf} [%]	24,7/40,0	36,0/34,6	0,97/2,80	1,69	2,7/7,8	4,7	36,7	−5,7/−14,2	0,13
Q ^s daf [MJ/kg]	26,9/35,9	32,3/31,2	0,46/3,22	1,24	1,4/9,9	3,8	33,0	−5,4/−10,3	0,20
Wskaźniki analizy elementarnej									
N ^{daf} [%]	1,31/1,68	1,48/1,46	0,03/0,05	0,04	2,0/3,4	2,7	1,49	−2,0/−6,0	0
O ^{daf} [%]	8,1/18,9	10,1/11,6	1,13/3,80	2,84	11,2/37,6	28,1	9,1	27,5/108,2	0,28
C ^{daf} [%]	66,8/84,3	81,6/79,1	1,80/5,46	2,98	2,2/6,7	3,7	83,2	−4,9/−19,7	0,31
H ^{daf} [%]	3,10/6,24	5,09/4,76	0,77/1,73	1,03	15,1/34,0	20,2	5,31	−10,4/−41,6	0,10
S _t ^a [%]	0,28/8,25	1,38/2,28	0,53/2,63	1,16	38,4/188,4	84,1	0,78	192,3/957,7	0,20
S _p ^a [%]	0,30/6,94	0,73/1,57	0,58/2,16	1,15	79,4/295,9	157,5	0,17	823,5/3982,3	0,17
S _{SO₄} ^a [%]	0,00/0,51	0,03/0,07	0,02/0,11	0,05	66,7/366,7	166,7	0,01	600,0/5000,0	0,25
Wskaźniki własności koksowniczych									
RI	0,0/83	23,5/9,5	4,20/35,01	8,96	18,0/150,2	38,4	30,1	−68,3/0,0	0,34
SI	1/7	—	—	—	—	—	—	—	—
a [%]	2,1/46,2	16,6/14,8	1,53/10,60	5,47	9,0/63,8	32,9	17,7	−16,4/−87,7	0,36
t ₁ [°C]	380/405	391,1/392,3	3,32/7,10	5,12	0,8/1,8	1,3	391,8	0,1/3,4	0
t ₂ [°C]	433/460	442,2/442,5	3,83/7,11	4,19	0,86/1,6	0,9	442,1	0,1/4,0	0
Wskaźniki własności fizycznych									
R _m ^a [%]	0,72/1,23	0,76/0,79	0,01/0,06	0,03	1,73/7,9	3,9	0,75	5,3/166,2	0,50
d _r [Mg/m ³]	1,24/2,15	1,39/1,81	0,12/0,23	0,15	8,6/16,5	10,8	1,30	39,2/65,4	0,24
HV ₅₀ [10 ⁷ Pa]	15/55	37,5/39,5	7,71/15,84	8,41	20,4/41,9	22,3	42,5	−35,3/−76,6	0,32
Spękania [%]	2/47	29,0/41,2	8,43/15,91	11,72	28,8/54,4	40,1	18,5	121,6/154,0	0,49
Skład petrograficzny									
V [%]	51/81	56,0/60,1	1,90/5,32	4,11	3,3/9,4	7,3	55	9,1/47,3	0,18
L [%]	0/11	6,5/4,5	1,82/3,31	3,20	27,3/50,0	48,5	7,5	−40,0/0,0	0,42
I [%]	5/32	21,5/16,0	2,54/9,81	9,13	11,7/45,8	42,5	25,5	−38,3/−80,5	0,24
SM [%]	2/33	16,0/20,1	1,32/8,43	6,80	8,2/43,0	49,4	12,1	66,7/175,0	0,34
Średnia:						36,5		80,0	0,25

Objasnienia jak w tabeli 6.

2,1%), w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej jej wartość spada o 16,4%. Zmienność wartości jest przeciętna i wynosi średnio 32,9%. Temperatura początku i końca plastyczności nieznacznie rośnie (w obu przypadkach o 0,1%).

Wartość wskaźników fizycznych węgla (tab. 10), jak zdolność odbicia światła, gęstość rzeczywista, mikrotwardość i stopień zwietrzenia w sąsiedztwie strefy uskokowej rośnie. Wartość refleksyjności wzrasta nieznacznie (średnia 0,79%, maksymalna 1,23%) w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej — o 5,3%, przy niskiej zmienności (3,9%) lub też nie ulega znaczącym zmianom. Gęstość rzeczywista węgla znacznie rośnie w strefie uskokowej, przyjmując ekstremalnie wartość

2,15 Mg/m³ (średnia 1,81 Mg/m³), a wzrost jej wartości w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej wynosi 39,2%, przy niskiej zmienności (10,8%). Mikrotwardość (średnia $39,5 \times 10^7$ Pa) w rejonie powierzchni uskoku w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej spada o 35,3%, przy przeciętnej zmienności (22,3%). Intensywność spękań poszczególnych ziaren węglowych rośnie w kierunku powierzchni uskoku (maksymalnie do 47%, średnio 41,2%), a w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej liczba ziaren spękanych rośnie o 121,6%. Zmienność intensywności spękań jest duża (40,1%).

Skład petrograficzny węgla (tab. 10) tego podtypu w rejonach nieciągłości ulega niewielkim

Tabela 11

Typowe wartości badanych parametrów charakterystyczne dla trzeciego (1c) podtypu zmienności (próbka nr 30)

Rodzaj parametru	Odległość [m]										Wartość min./maks.	Średnia na odcinku 0—10 m	Średnia na odcinku 0—0,6 m	Standardowe odchylenie	Współczynnik zmienności [%]	Średnia na odcinku 0,8—10 m	Zmienność [%]
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	5	8	10							
Wskaźniki analizy technicznej																	
W ^a [%]	3,87	3,62	3,14	2,98	3,02	2,84	2,79	3,00	2,76	2,93	3,10	3,40	0,37	11,9	2,89	17,7	
A ^a [%]	29,7	25,3	12,5	12,7	10,2	10,1	9,8	9,6	10,0	9,6	14,0	20,0	7,28	52,2	9,9	102,8	
V ^{daf} [%]	33,8	33,4	34,6	34,0	35,4	36,6	35,0	35,8	37,1	34,3	35,0	34,0	1,22	3,5	35,7	−4,82	
Q _S ^{daf} [MJ/kg]	28,5	31,3	33,3	32,3	32,9	33,5	32,1	32,8	33,1	33,5	32,3	31,3	1,50	4,6	33,0	−5,0	
Wskaźniki analizy elementarnej																	
N ^{daf} [%]	1,53	1,45	1,48	1,52	1,47	1,42	1,51	1,49	1,47	1,49	1,48	1,50	0,03	2,0	1,48	2,0	
O ^{daf} [%]	16,2	16,7	13,6	12,0	9,2	10,5	10,8	9,4	10,4	9,7	11,9	14,6	2,74	23,1	10,0	45,7	
C ^{daf} [%]	70,9	72,1	78,1	80,2	82,8	82,2	81,5	83,0	82,5	82,7	79,6	75,3	4,54	5,7	82,5	−8,67	
H ^{daf} [%]	3,54	3,90	4,64	5,39	5,60	5,03	5,26	5,36	4,80	5,27	4,88	4,37	0,68	13,9	5,22	−16,28	
S _t ^a [%]	5,24	4,20	1,85	0,87	0,83	0,70	0,77	0,64	0,68	0,72	1,65	3,04	1,67	101,2	0,72	322,2	
S _p ^a [%]	5,05	3,96	1,37	0,56	0,39	0,29	0,27	0,23	0,25	0,49	1,29	2,74	1,75	135,7	0,32	756,3	
S _{So₄} ^a [%]	0,07	0,05	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,04	0,03	150,0	0,01	300,0	
Wskaźniki własności koksowniczych																	
RI	0	0	10	15	12	18	0	17	14	23	10,9	6,3	8,3	76,1	14,0	−55,36	
SI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—	—	—	—	—	—	
a [%]	7,0	8,2	10,0	7,8	12,7	11,3	9,1	11,9	14,5	11,5	10,4	8,3	2,5	24,0	11,8	−31,26	
t ₁ [°C]	402	394	392	385	384	389	385	396	387	394	390,8	393,3	5,8	1,5	389,2	1,1	
t ₂ [°C]	436	447	441	433	442	433	435	441	438	439	438,5	439,3	4,4	1,0	438,0	0,3	
Wskaźniki własności fizycznych																	
R _m ^a [%]	0,79	0,79	0,78	0,77	0,76	0,77	0,76	0,75	0,74	0,76	0,77	0,78	0,02	2,6	0,76	2,6	
d _r [Mg/m ³]	2,35	2,06	1,83	1,69	1,35	1,34	1,36	1,34	1,35	1,34	1,60	1,98	0,37	23,1	1,35	46,7	
HV ₅₀ [10 ⁷ Pa]	15	20	24	36	39	45	41	39	43	43	34,5	23,8	10,8	31,2	41,7	−43,0	
Spękania [%]	47	37	39	31	27	17	13	18	11	14	25,4	38,5	12,6	49,7	16,7	131,0	
Skład petrograficzny																	
V [%]	62	59	56	56	58	55	51	54	53	52	55,6	58,3	3,4	6,1	53,8	8,4	
L [%]	4	5	5	6	6	7	10	9	9	10	7,1	5,0	2,2	31,4	8,5	−41,18	
I [%]	12	14	22	26	25	28	29	28	28	29	24,1	18,5	6,2	25,9	27,8	−33,45	
SM [%]	22	22	17	12	11	10	10	9	10	9	13,2	18,2	5,2	39,2	9,9	83,8	
Średnia:																79,1	

Objaśnienia jak do tabeli 7.

zmianom. Generalnie zawartość macerałów grupy wityrnytu, a w szczególności substancji mineralnej rośnie, a grupy liptynitu i inertynitu obniża się. Wzrost średniej zawartości macerałów grupy wityrnytu (60,1%) sięga maksymalnie wartości 81%, a w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej wynosi 9,1%, przy niskim stopniu zmienności (7,3%). Zawartość liptynitu zostaje zredukowana do zera na odcinku do 0,4 m tylko w niektórych przypadkach, a spadek zawartości w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej wynosi 40%, przy dużej zmienności (48,5%). Średnia zawartość inertynitu w strefie przyuskokowej (16%) spada maksymalnie do 5%, a obniżenie wartości w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej wynosi 38,3%, przy dużej zmienności (42,5%). Znacząco rośnie zawartość substancji mineralnej średnio do 20,1% (maksymalnie do 33%), a w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej rośnie o 66,7%, przy dużej zmienności (49,4%).

W tabeli 11 przedstawiono wartości parametrów węgla, reprezentatywnej dla tego podtypu zmienności, próbki nr 30. Wynika z niej, że wartości poszczególnych parametrów w strefie przyuskokowej i poza nią są zbliżone do wartości średnich podtypu (tab. 10 i 11). Przeciętne wartości współczynników zmienności (odpowiednio 35,5% i 36,5%) są prawie jednakowe, a wartości zmienności w strefie przyuskokowej w stosunku do strefy niezmiennionej (odpowiednio 68,8% i 80%) różnią się w niewielkim stopniu.

Podtyp 1d. Podtyp czwarty cechuje ograniczenie oddziaływania czynników utleniania w zasadzie tylko do brekcji uskokowej (odcinka 0—0,2 m) oraz niezaburzona struktura pokładu w sąsiedztwie powierzchni uskokowej (tab. 2d, próbki 38—53). Obserwowana intensywność zmian w brekcji uskokowej jest niska i porównywalna z podtypem 1c. Notowane zmiany to niewielki wzrost zawartości siarki siarczanowej, wilgoci, popiołu, gęstości rzeczywistej, ilości spękań i twardości oraz spadek kaloryczności, zawartości części lotnych, węgla, wodoru, siarki całkowitej i pirytowej, własności koksowniczych i zawartości liptynitu. Obserwuje się również nieznaczny wzrost lub brak wyraźnych zmian refleksyjności wityrnytu i rozkładu reflektogramów. Dla wszystkich badanych parametrów w tym podtypie średnia wartość współczynnika zmienności waha się od 0,9% do 200%, przeciętnie wynosi 28,9%, a średnia wartość współczynnika korelacji R^2 Pearsona z odległością od powierzchni uskoku wynosi 0,22 (tab. 12). Przykłady zmienności wartości poszczególnych parametrów węgla dla tego podtypu zmian przedstawiają tab. 13 i wykresy (rys. 6—29; podtyp 1d).

Wskaźniki analizy technicznej węgla (tab. 12) pokazują, że zawartość wilgoci rośnie w bezpośredniej bliskości uskoku średnio do 3,43% (maksymalnie do 4,39%), a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmiennionej przeciętnie o 19,5%, przy średniej wartości współczynnika zmienności (12,4%). W sąsiedztwie uskoku rośnie również zawartość popiołu (średnio 11,4%, maksymalnie do 16,5%), którego wzrost w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmiennionej wynosi 35,7%, przy małej (18%) wartości współczynnika zmienności. Zawartość części lotnych z kolei obniża się średnio do 33,6% (maksymalnie do 22,9%), a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmiennionej maleje średnio o 3,4%, przy małej (5%) wartości współczynnika zmienności. Podobnie zmniejsza się wartość ciepła spalania (średnio do 31,7 MJ/kg, maksymalnie do 28,9 MJ/kg). W stosunku do wartości średniej dla strefy niezmiennionej obniża się o 4,2%, przy małej (3,3%) wartości współczynnika zmienności.

Wskaźniki składu elementarnego węgla (tab. 12) są następujące: zawartość azotu w strefie przyuskokowej nieznacznie rośnie, średnio do 1,52% (maksymalnie 1,67%), a w stosunku do strefy niezmiennionej wzrasta o 2,7%, przy niskiej wartości współczynnika zmienności wynoszącej 3,4%. Zawartość tlenu w tej strefie to średnio 13,3% (maksymalnie 18,7%) i rośnie w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej o 46,1%, przy przeciętnej wartości współczynnika zmienności (23,3%). Zawartość pierwiastka węgla w strefie przyuskokowej zmniejsza się średnio do 80,8% (maksymalnie do 74,6%), a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmiennionej średnio o 2,9%, przy niskim współczynniku zmienności (3,7%). Zawartość wodoru w rejonie uskoku obniża się średnio do 5,01% (maksymalnie do 3,94%), a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmiennionej o 2%, przy niskiej wartości współczynnika zmienności (8,5%).

W strefie uskoku średnia zawartość siarki całkowitej i pirytowej w węglu maleje odpowiednio do 0,75% i 0,45% (maksymalnie odpowiednio do 0,30% i 0,24%), a w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej spada odpowiednio o 9,6% i 13,5%, przy małej zmienności (odpowiednio 19,5% i 11,1%). Zawartość siarki siarczanowej jest zmienna w nieznacznym zakresie 0—0,07%, wzrastając średnio do 0,05% w strefie uskokowej, ekstremalnie w stosunku do strefy niezmiennionej o 400%, przy skrajnie dużej zmienności (200%).

Wskaźniki własności koksowniczych węgla (tab. 12), liczba Rogi i wskaźnik wolnego wydymania tylko w niektórych przypadkach przyjmują najniższe wartości, szczególnie w brekcji uskokowej. Spiekalność wykazuje przy tym dużą zmienność

Tabela 12

Zakres zmienności wartości badanych parametrów węgla dla czwartego podtypu zmienności (1d)

Rodzaj parametru	Wartość min./maks.	Średnia na odcinku 0—10/0—0,2 m	Standardowe odchylenie		Współczynnik zmienności [%]		Średnia na odcinku 0,4—10 m	0—0,2/0,4—10 maks./ 0,4—10 [%]	R ²
			min./maks.	średnia	min./maks.	średnia			
1	2	3	4		5		6	7/8	9
Wskaźniki analizy technicznej									
W ^a [%]	0,54/4,39	2,98/3,43	0,13/0,49	0,37	4,4/16,4	12,4	2,87	19,5/53,0	0,46
A ^a [%]	4,1/16,5	9,0/11,4	1,06/3,82	1,62	11,8/42,4	18,0	8,4	35,7/96,4	0,09
V ^{daf} [%]	22,9/43,0	34,6/33,6	1,10/2,81	1,73	3,2/8,1	5,0	34,8	−3,4/−34,2	0,00
Q ^s ^{daf} [MJ/kg]	28,9/35,8	32,7/31,7	0,69/1,44	1,09	2,1/4,4	3,3	33,1	−4,2/−12,7	0,24
Wskaźniki analizy elementarnej									
N ^{daf} [%]	1,40/1,67	1,49/1,52	0,04/0,08	0,05	2,7/5,4	3,4	1,48	2,7/12,8	0,32
O ^{daf} [%]	7,3/18,7	9,9/13,3	1,49/3,99	2,31	15,1/40,3	23,3	9,1	46,1/105,5	0,13
C ^{daf} [%]	74,6/85,0	82,5/80,8	2,44/3,82	3,09	2,9/4,6	3,7	83,2	−2,9/−10,3	0,14
H ^{daf} [%]	3,94/6,29	5,19/5,01	0,25/0,65	0,44	2,9/11,2	8,5	5,10	−2,0/−22,7	0,11
S _t ^a [%]	0,30/0,97	0,82/0,75	0,12/0,18	0,16	14,6/21,9	19,5	0,83	−9,6/−49,4	0,02
S _p ^a [%]	0,24/0,65	0,54/0,45	0,03/0,09	0,06	6,7/16,7	11,1	0,52	−13,5/−53,8	0,24
S _{SO₄} ^a [%]	0,00/0,07	0,01/0,05	0,01/0,02	0,02	100,0/200,1	200,0	0,01	400,0/600,0	0,14
Wskaźniki własności koksowniczych									
RI	0,0/84	24,0/5,0	4,32/11,83	7,90	27,7/76,1	51,0	38,2	−90,2/0,0	0,50
SI	1/8	—	—	—	—	—	—	—	—
a [%]	3,7/46,0	15,4/8,5	3,34/13,41	7,30	21,4/87,0	47,4	17,2	−50,6/−78,5	0,46
t ₁ [°C]	382/440	392,1/393,3	3,32/15,40	7,91	0,8/3,9	2,0	392,0	0,2/12,2	0,17
t ₂ [°C]	431/450	443,0/444,2	3,81/4,82	4,10	0,9/1,1	0,9	442,0	0,45/1,8	0,00
Wskaźniki własności fizycznych									
R _m ^a [%]	0,69/1,30	0,79/0,81	0,01/0,03	0,02	1,3/3,8	2,5	0,78	3,8/66,7	0,00
d _r [Mg/m ³]	1,25/1,57	1,34/1,36	0,01/0,09	0,04	0,7/6,7	3,0	1,33	2,2/18,0	0,29
HV ₅₀ [10 ⁷ Pa]	18/55	45,0/48,5	6,62/10,90	7,90	17,0/28,2	17,5	41,5	16,9/32,5	0,13
Spękania [%]	2/55	19,0/43,5	13,33/19,30	15,30	69,6/101,0	80,1	14,5	200,0/279,3	0,19
Skład petrograficzny									
V [%]	41/80	55,0/59,5	3,81/8,31	5,10	6,9/15,1	9,3	53,5	10,3/49,5	0,52
L [%]	0,0/14	6,5/3,5	2,72/4,90	3,32	41,5/75,4	50,8	8,1	−56,2/0,0	0,52
I [%]	2/44	25,5/16,5	6,11/12,32	8,00	24,0/48,4	31,5	27,5	−40,0/−92,7	0,22
SM [%]	2/34	13,0/21,0	6,42/10,30	7,92	48,5/78,0	59,8	11,5	82,6/195,6	0,14
Średnia:						28,9		24,8	0,22

Objaśnienia jak w tabeli 6.

wartości (51%), a w stosunku do strefy niezmiennionej jej wartość spada o 90,2%. Znacząco na tym odcinku obniża również swą wartość kontrakcja (maksymalnie do 3,7%), a w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej jej wartość spada o 50,6%. Zmienność wartości jest duża i wynosi średnio 47,4%. Temperatura mięknięcia i kontrakcji nie wykazuje zdecydowanego zróżnicowania, nieznacznie wzrastając.

Wartość wskaźników fizycznych węgla (tab. 12), jak: gęstość rzeczywista, mikrotwardość i stopień zwietrzenia w brekcji uskokowej rośnie, z kolei zdolność odbicia światła nieznacznie się zwiększa lub nie wykazuje istotnych zmian. W przypadku wzrostu jej średnia wartość rośnie do 0,81%,

a w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej wzrasta zaledwie o 3,8%, przy niskiej zmienności (2,5%). Gęstość rzeczywista węgla rośnie w niewielkim stopniu do 1,36 Mg/m³, a wzrost jej średniej wartości w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej wynosi 2,2%, przy niskiej zmienności (3%). Mikrotwardość w rejonie powierzchni uskoku rośnie do 48,5 × 10⁷ Pa, a w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej wzrasta o 16,9%, przy średniej zmienności (17,5%). Intensywność spękań poszczególnych ziaren węglowych rośnie w kierunku powierzchni uskoku do 43,7%, a w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej liczba ziaren spękanych rośnie o 200%. Zmienność intensywności spękań jest duża (80,1%).

Tabela 14

Wartości badanych parametrów dla węgla zmienionych termicznie (podtyp 1e), występujących obok węgla niezmienionych termicznie w brekcji tektonicznej

Rodzaj parametru	Próbka								
	54	55	56	57	58	59	60	61	Średnia/% zmian
Wskaźniki analizy technicznej									
W ^a [%]	7,18	7,86	9,16	2,12	3,86	3,56	3,41	2,91	5,01/67,6
A ^a [%]	8,6	10,4	32,6	5,9	47,6	45,3	35,4	6,5	24,0/197,2
V ^{daf} [%]	13,0	11,7	13,2	3,8	12,5	5,2	8,4	4,1	9,0/-73,3
Q ^{daf} [MJ/kg]	28,0	32,4	31,6	25,3	26,4	23,3	26,7	22,7	27,0/-18,5
Wskaźniki analizy elementarnej									
N ^{daf} [%]	1,39	1,28	1,55	1,38	0,91	1,45	1,31	0,95	1,28/-14,7
O ^{daf} [%]	6,7	6,2	6,8	4,0	5,3	5,3	5,0	2,6	5,2/-47,3
C ^{daf} [%]	89,1	89,9	88,7	93,1	89,8	93,2	91,4	94,8	91,2/10,4
H ^{daf} [%]	2,31	2,17	1,96	0,67	0,79	0,21	1,48	0,74	1,29/-75,1
S _t ^a [%]	0,43	0,37	0,58	0,79	1,05	0,95	0,52	0,93	0,70/-25,5
S _p ^a [%]	0,39	0,31	0,48	0,57	0,86	0,71	0,44	0,59	0,54/100
S _{SO₄} ^a [%]	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,00	0,02/120
Wskaźniki własności fizycznych									
R _m ^a [%]	0,81*(4,87)	0,7*(1,51)	2,7*(4,12)	4,69	2,73	1,13*(3,21)	1,22*(4,76)	0,97*(3,69)	3,71/352,4
d _r [Mg/m ³]	0,95	1,15	1,58	1,86	1,92	2,14	1,87	1,05	1,56/18,2
HV ₅₀ [10 ⁷ Pa]	167 (0)	146 (0)	0	0	138 (0)	112 (0)	152 (0)	0	89,4/0/136,8
Spękania [%]	85	87	94	97	95	89	91	98	92/855,3
Skład petrograficzny									
V _{zm.} [%]	12	17	0	0	5	12	14	0	7,5/0
V [%]	21	31	9	0	7	19	10	0	12,2/-76,5
L [%]	2	0	0	0	0	0	2	0	0,5/-94,4
I [%]	9	12	0	0	6	5	8	0	5,1/-84,1
Koksik [%]	55	0	0	98	76	62	58	94	73,8/0
SM [%]	2	39	90	2	6	3	8	6	19,3/171,2

* Refleksyjność wityryny nieprzeobrażonego termicznie.

Skład petrograficzny węgla tego podtypu (tab. 12) w brekcji tektonicznej ulega niewielkim zmianom. Generalnie zawartość macerałów grupy wityryny i substancji mineralnej nieznacznie rośnie, a grupy liptynytu i inertynitu obniża się. Wzrost zawartości macerałów grupy wityryny średnio do 59,5% (maksymalnie 80%) w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej wynosi 10,3%, przy niskim stopniu zmienności (9,3%). Zawartość liptynytu zostaje zredukowana do zera tylko w niektórych przypadkach, średnio do 3,5%, a spadek jego zawartości w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej wynosi 56,2%, przy dużej zmienności (50,8%). Średnia zawartość inertynitu w sąsiedztwie uskoku spada do 16,5%, a obniżenie wartości w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej wynosi 40%, przy przeciętnej zmienności (31,5%). Znacząco rośnie zawartość substancji mineralnej — średnio do 21% (maksymalnie 34%), a w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej wzrasta o 82,6%, przy dużej zmienności (59,8%).

Próbka nr 43 stanowi charakterystyczny przykład zmienności jakości węgla dla tego podtypu, a wartości jego parametrów zamieszczono w tab. 13. Wynika z niej, że wartości poszczególnych parametrów w strefie przyuskokowej i poza nią są zbliżone do wartości średnich podtypu (tab. 12 i 13). Średnie wartości współczynników zmienności (odpowiednio 24,9% i 28,9%) są prawie identyczne, a wartość zmienności w strefie przyuskokowej w stosunku do strefy niezmienionej (odpowiednio 39% i 24,8%) są do siebie zbliżone.

Podtyp 1e. Do tego podtypu zaliczono węgle nietypowe, charakteryzujące się specyficznymi cechami, odróżniającymi je zarówno od węgla zwietrzałych, jak i niezmienionych, a których występowanie stwierdzono tylko w brekcji tektonicznej (nie stwierdzono ich obecności w pokładach węgla). Za nietypowe uważane są węgle, przeobrażone w warunkach wysokich temperatur, co powoduje, że nie mieszczą się w tzw. głównym pasie uwęglania (PROBIERZ *et al.*, 1985). Występowały

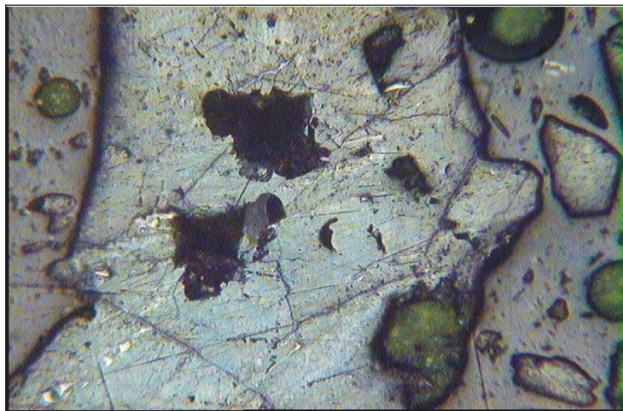
Tabela 15

Wartości badanych parametrów dla węgla niezmienionych termicznie, występujących obok węgla zmienionych termicznie (podtyp 1e) w brekcji tektonicznej

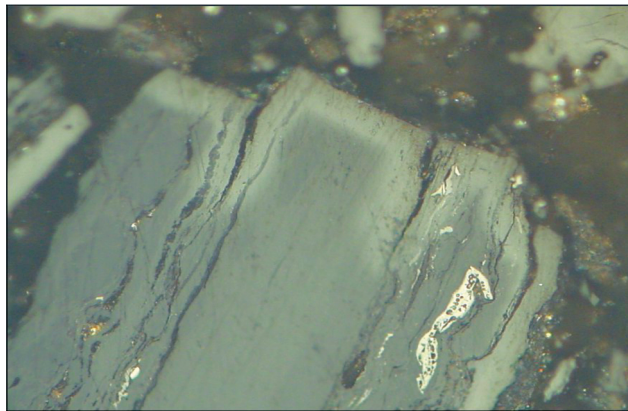
Rodzaj parametru	Próbka								
	54	55	56	57	58	59	60	61	Średnia
Wskaźniki analizy technicznej									
W ^a [%]	3,20	2,96	2,91	2,83	3,07	2,83	3,21	2,93	2,99
A ^a [%]	9,9	8,6	8,9	6,3	6,3	6,9	7,3	10,6	8,10
V ^{daf} [%]	35,2	33,1	32,1	33,1	34,5	34,2	33,8	32,7	33,59
Q _s ^{daf} [MJ/kg]	32,9	32,1	33,9	34,0	34,1	33,5	33,0	32,1	33,17
Wskaźniki analizy elementarnej									
N ^{daf} [%]	1,42	1,52	1,48	1,47	1,58	1,49	1,53	1,51	1,50
O ^{daf} [%]	9,2	10,0	9,2	9,0	10,2	9,5	9,3	10,1	9,56
C ^{daf} [%]	80,8	82,2	83,3	82,9	81,5	83,3	83,2	81,4	82,32
H ^{daf} [%]	4,94	5,26	4,96	5,39	5,34	4,73	5,21	5,39	5,15
S _t ^a [%]	0,94	0,84	0,7	1,17	0,96	1,12	0,90	0,92	0,94
S _p ^a [%]	0,33	0,23	0,25	0,51	0,48	0,20	0,60	0,50	0,39
S _{SO₄} ^a [%]	0,01	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Wskaźniki własności koksowniczych									
RI	15	9	12	12	12	17	12	17	13,25
SI	1	1	1	1	2	2	2	2	—
a [%]	9,3	12,1	17,0	18,2	21,3	35,0	20,1	20,0	19,13
Wskaźniki własności fizycznych									
R _m ^a [%]	0,81	0,79	0,83	0,81	0,82	0,83	0,82	0,83	0,82
d _r [Mg/m ³]	1,29	1,27	1,34	1,35	1,30	1,30	1,32	1,40	1,32
HV ₅₀ [10 ⁷ Pa]	38	35	35	37	39	43	43	32	37,75
Spękania [%]	6	4	5	11	18	15	8	10	9,62
Skład petrograficzny									
V [%]	51	59	46	56	46	50	48	61	52,12
L [%]	11	10	5	11	8	7	8	7	8,37
I [%]	29	24	43	26	37	37	35	28	32,37
SM [%]	9	7	6	7	9	6	9	4	7,12

one w postaci rozproszonych ziaren wielkości do kilku milimetrów średnicy, tworząc nieregularne, soczewkowate, smugowate lub rozproszone kilkucentymetrowe skupienia. Makroskopowo były matowe, twarde i zbite, zbliżone wyglądem do koksu lub węgla drzewnego. Ich lokalizację przedstawia tab. 2e (próbki 54—61), a wartości poszczególnych parametrów tych węgla przedstawiono w tab. 14. W stosunku do węgla niezmienionych (tab. 15) przeciętnie wykazują wzrost: zawartości wilgoci o 67,6%, popiołu o 197,2%, siarki pirytovej o 100%, siarki siarczanowej o 120%, pierwiastka węgla o 10,4%, refleksyjności witrynu o 352,4%, gęstości rzeczywistej o 18,2%, substancji mineralnej o 171,2%, spękań o 855,3%. Obniżenie wartości obserwowano dla: zawartości azotu o 14,7%, tlenu o 47,3%, siarki całkowitej o 25,5%, wodoru o 75,1%, części lotnych o 73,3%, wartości ciepła spalania o 18,5%, zawartości witrynu o 76,5%,

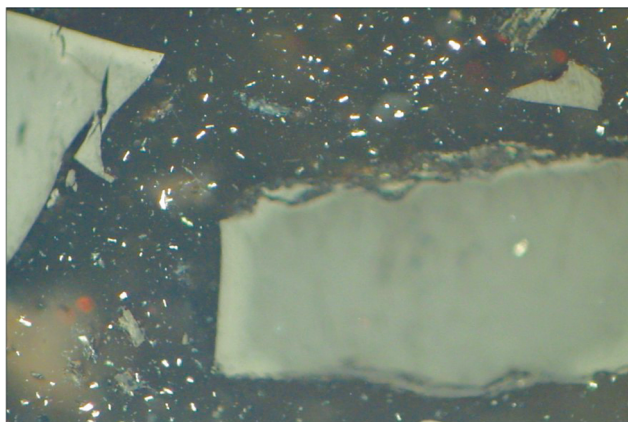
liptynitu o 94,4% i inertynitu o 84,1%. Całkowitemu zanikowi uległa spiekalność i własności dylatometryczne. Wskaźnikowi wolnego wydymania odpowiada koksik nr 1, a mikrotwardość stała się niemierzalna lub wzrosła o 136,8%. Węgłe te charakteryzują się jaśniejszą barwą witrynu w porównaniu z witrynem niezmienionym w tych próbkach oraz występowaniem licznych spękań, co doprowadziło do dezintegracji ziarnowej i niemożności zmierzenia mikrotwardości (fot. 5). Wzdłuż spękań oraz wokół ziaren witrynu występują jaśniejsze obwódki (fot. 6, 7, 8). Granica pomiędzy nieprzeobrażonym wnętrzem ziarna a obwódką jest nieostra. Różnica refleksyjności pomiędzy jaśniejszą obwódką a niezmienionym ziarnem dochodzi do 0,6%. Niektóre z ziaren, oprócz bardzo wysokiej refleksyjności witrynu (10,25% próbka 54), wykazywały faliste wygaszanie światła oraz zróżnicowaną wielkość, kształt i rozkład por



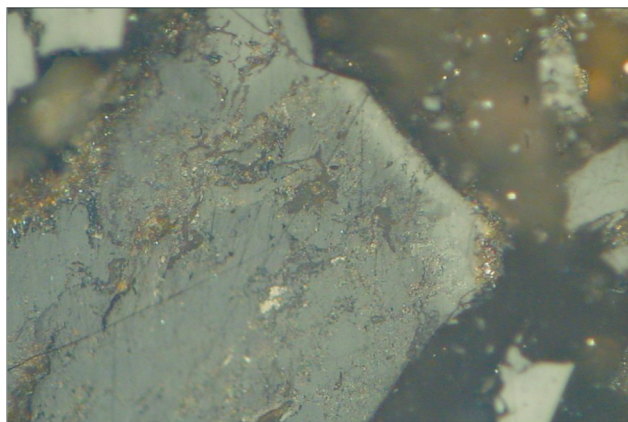
Fot. 5. Mikrotwardość węgla zmienionych termicznie (próbka 56, pow. 250×)



Fot. 6. Utlenione obwódki wokół spękań w węglach termicznie zmienionych (próbka 56, pow. 250×)



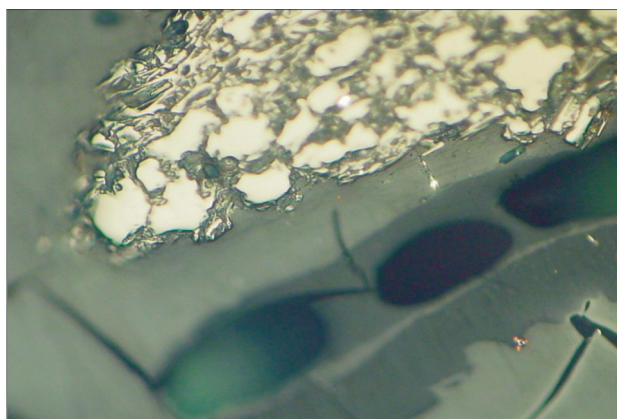
Fot. 7. Utlenione obwódki wokół ziaren witrinitu termicznie zmienionych (próbka 57, pow. 250×)



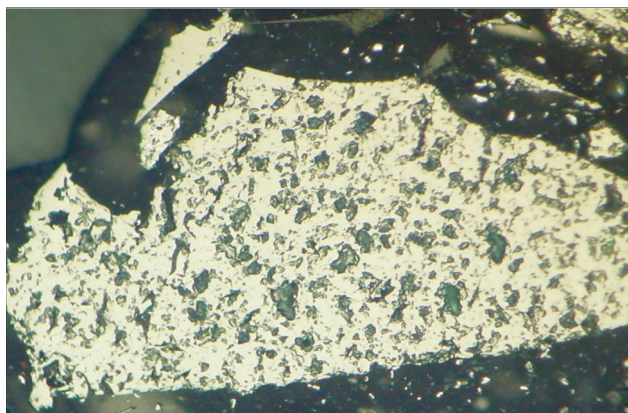
Fot. 8. Utlenione obwódki wokół ziaren witrinitu termicznie zmienionych (próbka 58, pow. 250×)



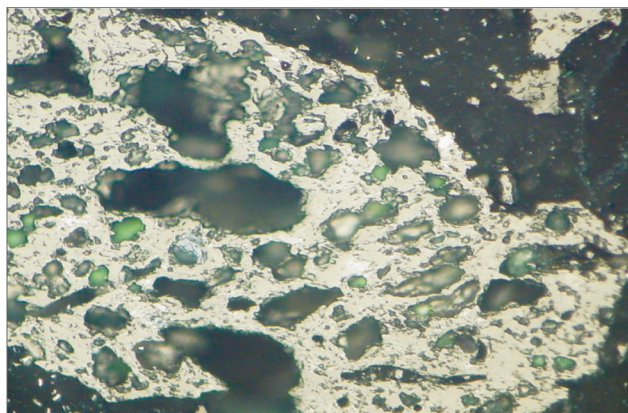
Fot. 9. Pory w witryniecie (próbka 54, pow. 250×)



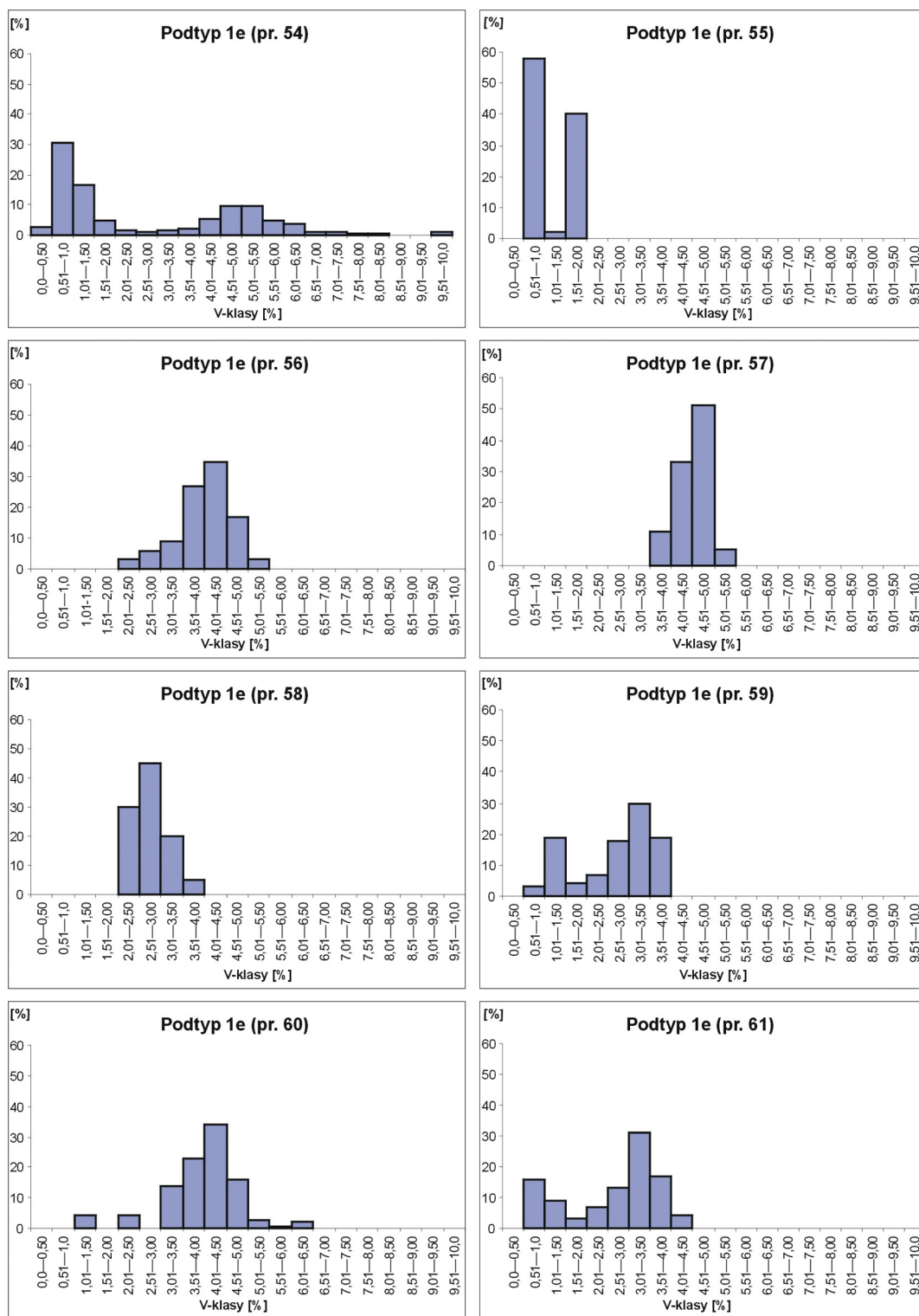
Fot. 10. Pory w sporynycie (próbka 60, pow. 250×)



Fot. 11. Masywne ziarno koksiku (próbka 57, pow. 250×)



Fot. 12. Porowate ziarno koksiku (próbka 61, pow. 250×)



Rys. 30. Reflektogramy węgli (próbki 54–61) termicznie zmienionych (podtyp 1e)

(fot. 9, 10). Ziarna miały zaokrąglone zewnętrzne krawędzie (fot. 6) oraz cechy zbliżone do naturalnego koksu, dlatego nazywa się je również koksiem (fot. 11, 12). Próbki 54, 57, 58, 59, 60 i 61 (tab. 2f) zawierają znaczną ilość koksiu i reprezentują węgle całkowicie zmienione. Refleksyjność średnia witrinitu w próbkach 56, 57 i 58 jest wysoka (od 2% do 6%), a jednorodne reflektogramy (rys. 30, próbki 56, 57, 58) wskazują na obecność

tylko wysoko przeobrażonych węgli. Takie cechy wykazują węgle termicznie zmienione w temperaturze >775 K (KWIECIŃSKA, PETERSEN, 2004). Ich morfologia jest podobna do form częściowo spalonego węgla występującego w stałych odpadach z elektrowni i składowisk odpadów (BAILEY *et al.*, 1990; CRELLING, 1996; MISZ, 2002; KWIECIŃSKA, PETERSEN, 2004; ĆMIEL, MISZ, 2005; MISZ, ĆMIEL, 2005). W brekcji tektonicznej oprócz ziaren węgla

w różnym stopniu przeobrażonych występują również ziarna węgla niezmienionych, czego dowodem są nieciągłe reflektogramy, w których widocznych jest kilka pików. Węgłe nieprzeobrażone w próbkach 54, 55, 59, 60 i 61 mają odpowiednio średnią refleksyjność: 0,81%, 0,70%, 1,13%, 1,22% i 0,97%. Witrynit tych węgla jest szary i nie wykazuje spękań. Jedynie w próbce 54 obserwuje się w tej grupie ziarna z dużymi porami, powstałymi prawdopodobnie na skutek uplastycznienia węgla, związanego z wpływem temperatury oraz z zanikiem liptynit. Ponadto występują tutaj węgle, których witrynit wykazuje obniżoną refleksyjność (średnio 0,61%), jaśniejszą barwę, szczególnie na obwodzie ziaren i dookoła licznych spękań, zanik liptynit, co świadczy o zmianach wietrzeniowych. Reflektogramy witrynitów 5 próbek węgla nietypowych (rys. 30, próbki 54, 55, 59, 60 i 61) mają drugi pik, którego średnia wartość refleksyjności witrynitów wynosi: dla próbki 54 — 4,87% (maksymalnie 10,25%), dla próbki 55 — 1,51%, dla próbki 59 — 3,21%, dla próbki 60 — 4,76% i dla próbki 61 — 3,69%. Ponadto, próbki te zawierają w różnym stopniu zmieniony oraz niezmieniony witrynit (tab. 14). Jaśniejsza barwa jest charakterystyczna dla obwódek ziaren witrynitów oraz dla stref otaczających jego spękania. Tego typu zmiany następują w efekcie utleniania węgla w temperaturze >425 K (GABZDYL, 1987). Długotrwałe utlenianie prowadzi do pogłębienia przeobrażenia, które może objąć całe ziarno. Zawartość utlenionego witrynitów stwierdzono w 5 próbkach (54, 55, 58, 59 i 60), a jego ilość waha się od 5% do 17% (tab. 14). Niejednorodność reflektogramów, duża zmienność wartości refleksyjności oraz występowanie zmienionego i niezmienionego witrynitów wskazują na obecność węgla poddanych działaniu zróżnicowanych temperatur oraz zasadniczo niezmienionych.

6.1.2. Typ drugi – agradacyjne zmiany jakości węgla

Do drugiej grupy zaliczono uskoki, w których rejonie obserwowano generalnie podwyższenie jakości węgla (tab. 2f, próbki 62—85). Zazwyczaj zachodziło ono w bezpośredniej bliskości lustra tektonicznego, maksymalnie na odcinku do 0,05 m. Obserwowane zmiany, chociaż o mniejszej intensywności niż w typie pierwszym, dotyczyły większości badanych parametrów. Dla wszystkich badanych parametrów w tym typie średnia wartość

współczynnika zmienności waha się od 1,4% do 100%, przeciętnie wynosi 16,6%, a średnia wartość współczynnika korelacji R^2 Pearsona z odległością od powierzchni uskoku wynosi 0,14 (tab. 16). Reflektogramy ze strefy lustra tektonicznego są spłaszczone i szersze oraz asymetryczne, rozbudowane w stronę malejących wartości (skośne ujemnie) w stosunku do reflektogramów strefy niezmienionej. Przykład zmienności wartości poszczególnych parametrów węgla dla tego typu zmian przedstawia tabela 17, wykresy (rys. 6—29) oraz reflektogramy (rys. 31). Ze względu na mały odcinek oddziaływania (0—0,2 m) oraz niewielką wartość zmian jakości węgla (oprócz własności koksowniczych, wartości parametrów zmieniają się o 0—15,6%) nie wyróżniono podtypów w tym typie.

Spośród wskaźników analizy technicznej (tab. 16) jedynie wartość ciepła spalania rośnie w rejonie powierzchni uskoku, wartości pozostałych parametrów obniżają się. Średnia zawartość wilgoci w strefie uskoku wynosi 2,9%, a na powierzchni uskoku przyjmuje wartości minimalne (1,95%). W stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej obniża się przeciętnie o 9,4% przy małej zmienności (14,8%). Średnia zawartość popiołu na powierzchni uskoku wynosi 7,7% (maksymalnie 16,4%), a w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej ten wzrost wynosi 5,5% przy niskiej (18,2%) wartości współczynnika zmienności. Średnia zawartość części lotnych w strefie przyuskokowej wynosi 29,2% i na powierzchni uskoku obniża się maksymalnie do 26,4%, w stosunku zaś do średniej dla strefy niezmienionej maleje przeciętnie o 15,6% przy niskiej (6,9%) wartości współczynnika zmienności. Ciepło spalania najwyższe wartości (34,6 MJ/kg) przyjmuje na powierzchni uskoku, przy średniej dla tej strefy wynoszącej 32,7 MJ/kg. W stosunku do wartości średniej dla strefy niezmienionej wzrasta przeciętnie o 3,5% przy małej (3,1%) wartości współczynnika zmienności.

Wskaźniki analizy elementarnej (tab. 16) podlegają zróżnicowanym zmianom. Wzrasta zawartość pierwiastka węgla i siarki, obniża się natomiast zawartość tlenu oraz w niewielkim stopniu wodoru i azotu. Zawartość azotu w strefie przyuskokowej, wynosząca średnio 1,45%, nieznacznie spada (o 2%) w stosunku do strefy niezmienionej przy niskiej wartości współczynnika zmienności wynoszącej 4,1%. Podobnie obniża się w bezpośredniej bliskości uskoku zawartość tlenu (średnia 8,8%), przeciętnie o 10,2% w stosunku do średniej dla strefy niezmienionej, przy niskiej wartości współczynnika zmienności (12,7%). Zawartość pierwiastka węgla na powierzchni lustra tektonicz-

Tabela 16

Zakres zmienności wartości badanych parametrów węgla dla drugiego typu zmienności (2)

Rodzaj parametru	Wartość min./maks.	Średnia na odcinku 0—10/0—0,2 m	Standardowe odchylenie		Współczynnik zmienności [%]		Średnia na odcinku 0,4—10 m	0—0,2/0,4—10 maks./ 0,4—10 [%]	R ²
			min./maks.	średnia	min./maks.	średnia			
1	2	3	4		5		6	7/8	9
Wskaźniki analizy technicznej									
W ^a [%]	1,95/4,37	3,10/2,90	0,17/0,56	0,45	5,6/18,5	14,8	3,2	−9,4/−39,1	0,08
A ^a [%]	6,9/16,4	7,4/7,7	0,81/2,38	1,35	10,8/32,2	18,2	7,3	5,5/124,6	0,03
V ^{daf} [%]	26,4/43,0	33,9/29,2	1,55/3,66	2,34	4,6/10,8	6,9	34,6	−15,6/−23,7	0,18
Q _s ^{daf} [MJ/kg]	28,0/34,6	32,0/32,7	0,81/1,20	0,99	2,5/3,7	3,1	31,6	3,5/9,5	0,27
Wskaźniki analizy elementarnej									
N ^{daf} [%]	1,27/1,58	1,47/1,45	0,04/0,09	0,06	2,7/6,1	4,1	1,48	−2,0/−14,2	0,02
O ^{daf} [%]	6,3/15,1	9,6/8,8	1,05/1,65	1,22	10,9/17,2	12,7	9,8	−10,2/−35,7	0,07
C ^{daf} [%]	77,0/86,7	82,4/84,9	0,79/1,66	1,31	0,9/2,0	1,6	83,8	1,3/3,5	0,03
H ^{daf} [%]	4,22/6,35	4,92/4,61	0,17/0,52	0,23	3,3/10,0	4,4	5,00	−7,8/−15,6	0,06
S _t ^a [%]	0,42/2,09	0,81/0,83	0,10/0,23	0,18	12,3/28,4	22,2	0,82	1,2/154,9	0,007
S _p ^a [%]	0,18/1,19	0,28/0,31	0,01/0,03	0,02	3,6/10,7	7,1	0,32	−3,1/−43,7	0,02
S _{SO₄} ^a [%]	0,00/0,04	0,01/0,01	0,01/0,02	0,01	100,0/200,3	100,0	0,01	0,0/300,0	0,07
Wskaźniki własności koksowniczych									
RI	0,0/31,0	16,0/21,0	3,30/8,90	5,90	20,4/54,9	36,4	15,5	35,5/100,0	0,04
SI	1/2	—	—	—	—	—	—	—	—
a [%]	3,0/46,0	16,6/23,2	3,21/13,91	6,40	19,3/83,7	38,5	14,5	60,0/217,2	0,22
t ₁ [°C]	380/415	392,1/388,2	4,20/10,31	6,19	1,1/2,6	1,6	395	−1,8/−3,8	0,45
t ₂ [°C]	433/470	445,0/441,3	3,51/11,80	6,11	0,8/2,6	1,4	447	−1,3/−3,1	0,03
Wskaźniki własności fizycznych									
R _m ^a [%]	0,61/0,84	0,77/0,79	0,02/0,05	0,03	2,6/6,5	3,9	0,76	3,9/10,5	0,02
d _r [Mg/m ³]	1,26/1,54	1,37/1,39	0,02/0,08	0,06	1,5/5,8	4,4	1,36	2,2/13,2	0,88
HV ₅₀ [10 ⁷ Pa]	27/40	32,0/30,5	2,41/6,20	4,11	7,5/19,3	12,8	32,5	−6,1/−16,9	0,02
Spękania [%]	2/30	20,0/21,0	1,70/7,50	2,81	8,4/37,1	13,9	20,5	2,4/48,8	0,44
Skład petrograficzny									
V [%]	41/57	50,0/51,0	2,02/4,81	3,06	4,0/9,6	6,1	50,0	2,0/14,0	0,03
L [%]	6/17	10,5/10,5	2,03/3,12	2,39	18,9/29,2	22,5	11,1	−4,5/−45,4	0,21
I [%]	19/41	29,5/28,5	3,21/7,60	4,10	10,8/25,8	13,9	29,5	−3,4/−35,6	0,14
SM [%]	2/15	9,5/10,0	2,05/4,12	3,07	20,6/42,5	31,6	9,5	5,3/57,9	0,01
Średnia:						16,6		2,7	0,14

Objaśnienia jak w tabeli 6.

nego (średnio 84,9%) rośnie nieznacznie (o 1,3%) w stosunku do wartości średniej dla strefy niezmiennionej przy bardzo niskim współczynniku zmienności wynoszącym 1,6%. Zawartość wodoru w rejonie uskoku wynosi średnio 4,61% i obniża się o 7,8% w stosunku do wartości przeciętnej dla strefy niezmiennionej. Zmienność zawartości wodoru jest niewielka, o czym świadczy niska (4,4%) wartość współczynnika zmienności.

Średnia zawartość siarki zmienia się nieznacznie, całkowitej rośnie, pirytovej maleje, a siarczanowej nie podlega wyraźnym prawidłowościom. W strefie uskoku średnia ilość siarki całkowitej wyniosła 0,83% i wzrosła o 1,2%, siarki pirytovej

0,31% i obniżyła się o 3,1%, przy przeciętnej i małej zmienności (odpowiednio 22,2% i 7,1%). Występowanie siarki siarczanowej było śladowe (średnio 0,01%) przy dużej zmienności (współczynnik zmienności 100%).

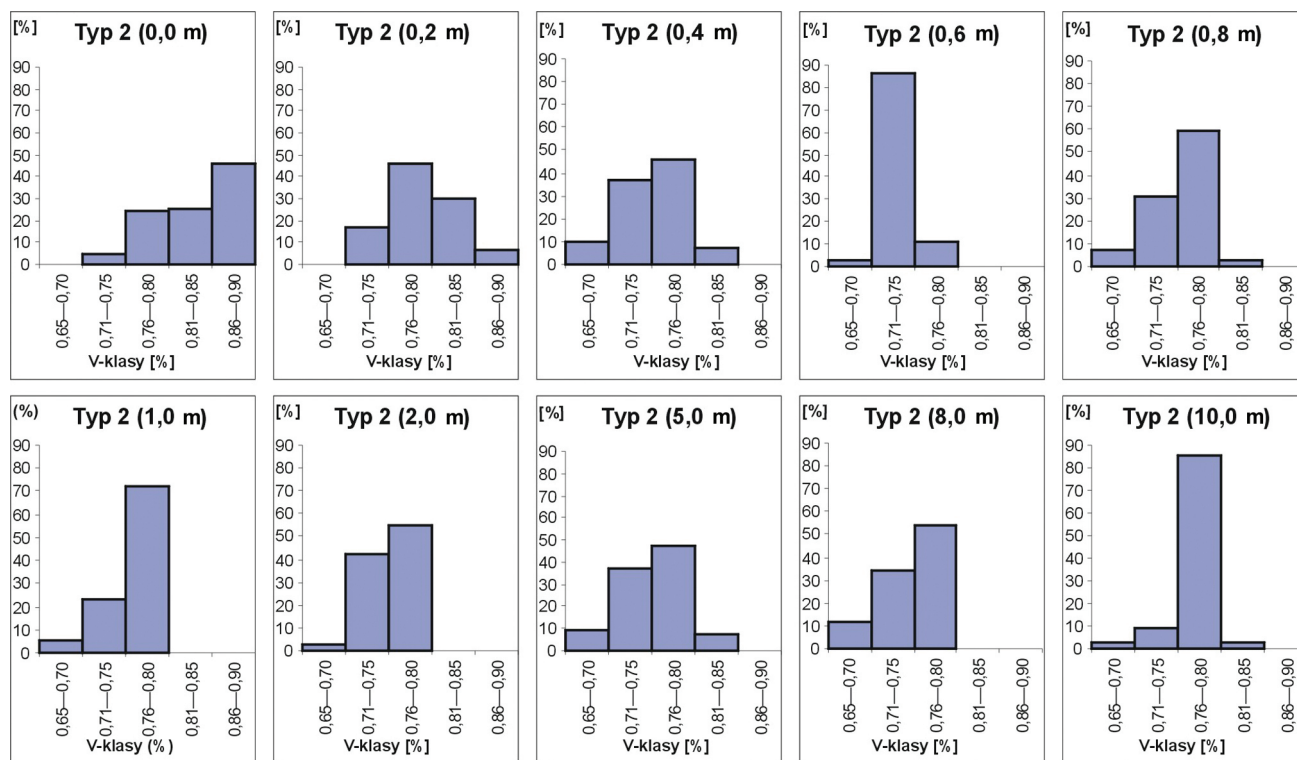
Własności koksownicze (tab. 16) ulegają znaczącej poprawie, aczkolwiek badane węgle wykazują generalnie słabe zdolności koksownicze. Wartość spiekalności i kontrakcji w rejonie lustra tektonicznego (średnio odpowiednio 21% i 23,2%) znacząco rośnie w stosunku do średniej dla strefy niezmiennionej (odpowiednio o 35,5% i 60%), wykazując przy tym przeciętną i dużą wartość zmienności (odpowiednio 36,4% i 38,5%). Wartość

Tabela 17

Typowe wartości badanych parametrów charakterystyczne dla drugiego (2) typu zmienności (próbka nr 68)

Rodzaj parametru	Odległość [m]										Wartość min./maks.	Średnia na odcinku 0—10 m	Średnia na odcinku 0—0,2 m	Standardowe odchylenie	Współczynnik zmienności [%]	Średnia na odcinku 0,4—10 m	Zmienność [%]
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	5	8	10							
Wskaźniki analizy technicznej																	
W ^a [%]	2,55	2,66	2,71	2,86	3,42	2,88	3,62	3,54	3,12	2,95	2,55/3,62	3,03	2,61	0,38	12,5	3,14	−16,88
A ^a [%]	9,4	8,0	8,6	10,1	9,1	9,5	6,1	9,2	7,4	6,5	6,1/10,1	8,4	8,7	1,34	16,0	8,3	4,8
V ^{daf} [%]	28,4	29,7	33,6	35,1	34,4	35,0	36,2	35,3	34,8	35,1	28,4/36,2	33,8	29,0	2,61	7,7	35,0	−17,1
Q _s ^{daf} [MJ/kg]	34,3	34,4	33,2	32,3	32,6	32,7	31,2	32,0	32,6	31,6	31,2/34,4	32,7	34,3	1,03	3,2	32,3	6,2
Wskaźniki analizy elementarnej																	
N ^{daf} [%]	1,48	1,42	1,49	1,51	1,56	1,45	1,52	1,45	1,52	1,44	1,42/1,56	1,48	1,45	0,04	2,7	1,49	−2,65
O ^{daf} [%]	7,0	7,5	8,3	8,8	9,1	9,4	10,6	9,9	8,1	9,3	7,0/10,6	8,8	7,3	1,09	12,4	9,2	−20,98
C ^{daf} [%]	85,5	85,2	84,6	83,4	83,6	83,2	82,1	82,6	84,5	83,6	82,1/85,5	83,8	85,3	1,10	1,3	83,5	2,16
H ^{daf} [%]	4,69	4,62	4,70	5,00	5,08	5,19	4,83	4,98	4,87	4,82	4,62/5,19	4,88	4,66	0,18	3,7	4,93	−5,48
S _t ^a [%]	0,85	0,92	0,77	0,94	0,95	0,69	0,87	0,93	0,85	0,81	0,69/0,95	0,86	0,89	0,08	9,3	0,85	4,7
S _p ^a [%]	0,71	0,63	0,61	0,65	0,69	0,57	0,65	0,66	0,59	0,57	0,57/0,69	0,63	0,67	0,05	7,9	0,62	8,1
S _{so₄} ^a [%]	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,0/0,03	0,01	0,01	0,01	81,8	0,01	0,00
Wskaźniki własności koksowniczych																	
RI	23	18	15	10	15	14	10	12	17	20	10/23	15,4	20,5	4,2	27,4	14,1	45,4
SI	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1/2	—	—	—	—	—	—
a [%]	28,3	23,7	21,5	17,4	22,1	12,8	16,2	16,6	20,4	13,0	12,8/28,3	19,2	26,0	5,0	25,8	17,5	48,6
t ₁ [°C]	380	385	390	385	390	390	385	385	390	400	380/400	388,0	382,5	5,4	1,4	389,4	−1,77
t ₂ [°C]	435	440	440	450	440	450	445	450	440	445	435/450	443,5	437,5	5,3	1,2	445,0	−1,68
Wskaźniki własności fizycznych																	
R _m ^a [%]	0,82	0,79	0,75	0,74	0,76	0,77	0,75	0,76	0,79	0,78	0,74/0,82	0,77	0,81	0,02	2,6	0,76	6,6
d _r [Mg/m ³]	1,47	1,44	1,46	1,44	1,44	1,43	1,42	1,38	1,27	1,32	1,27/1,47	1,41	1,45	0,06	4,2	1,39	4,3
HV ₅₀ [10 ⁷ Pa]	30	31	28	32	30	35	38	34	33	31	28/38	32,2	30,5	2,9	9,0	32,6	−6,5
Spękania [%]	21	20	20	23	18	21	20	21	19	15	15/23	19,8	20,5	2,2	10,9	19,6	4,5
Skład petrograficzny																	
V [%]	52	53	51	52	51	48	54	49	52	50	48/54	51,2	52,5	1,8	3,5	50,9	3,2
L [%]	10	11	11	12	13	9	12	9	10	8	8/13	10,5	10,5	1,6	15,1	10,5	0,0
I [%]	28	27	29	28	26	32	26	32	33	29	26/33	29,0	27,5	2,5	8,8	29,4	−6,38
SM [%]	10	9	9	8	10	11	8	10	5	13	5/13	9,3	9,5	2,1	22,7	9,3	2,7
Średnia:	12,7																

Objaśnienia jak do tabeli 7.



Rys. 31. Reflektogramy węgla (próbka 68) o podwyższonej wartości badanych parametrów (typ 2) na odcinku 0–10 m od powierzchni uskoku

wskaźnika wolnego wydymania jest niska (koksiki nr 1–2). Temperatura początku plastyczności i końca stanu plastycznego wykazuje minimalne zmiany, obniżając się odpowiednio o 1,8% i 1,3% w stosunku do średniej ze strefy niezmięnionej, przy minimalnej zmienności odpowiednio 1,6% i 1,4%.

Wartość badanych wskaźników fizycznych (tab. 16) w rejonie powierzchni uskoku jest umiarkowanie zmienna. Wartość refleksyjności wityritu (średnio 0,79%) w stosunku do średniej dla strefy niezmięnionej rośnie w strefie lustra tektonicznego o 3,9%, przy niskiej zmienności (3,9%). Gęstość rzeczywista węgla na powierzchni uskoku nieznacznie rośnie (średnia $1,39 \text{ Mg/m}^3$) — o 2,2% w stosunku do średniej dla strefy nieprzeobrażonej, przy małej zmienności (4,4%). Mikrotwardość w rejonie powierzchni uskoku (średnio $30,5 \times 10^7 \text{ Pa}$) nieznacznie się obniża, a w stosunku do przeciętnej dla strefy niezmięnionej jej wartość spada o 6,1% przy małej zmienności (12,8%). Intensywność spękań poszczególnych ziaren węglowych w strefie przyuskokowej (średnia 21%) nieznacznie rośnie w kierunku powierzchni uskoku o 2,4% w stosunku do przeciętnej dla strefy niezmięnionej, przy małej zmienności (13,9%).

Skład petrograficzny węgla (tab. 16) w rejonach nieciągłości w przypadku wzrostu jakości węgla nie podlegał większym zmianom. Zawartość macerałów grupy wityritu i substancji mineralnej na

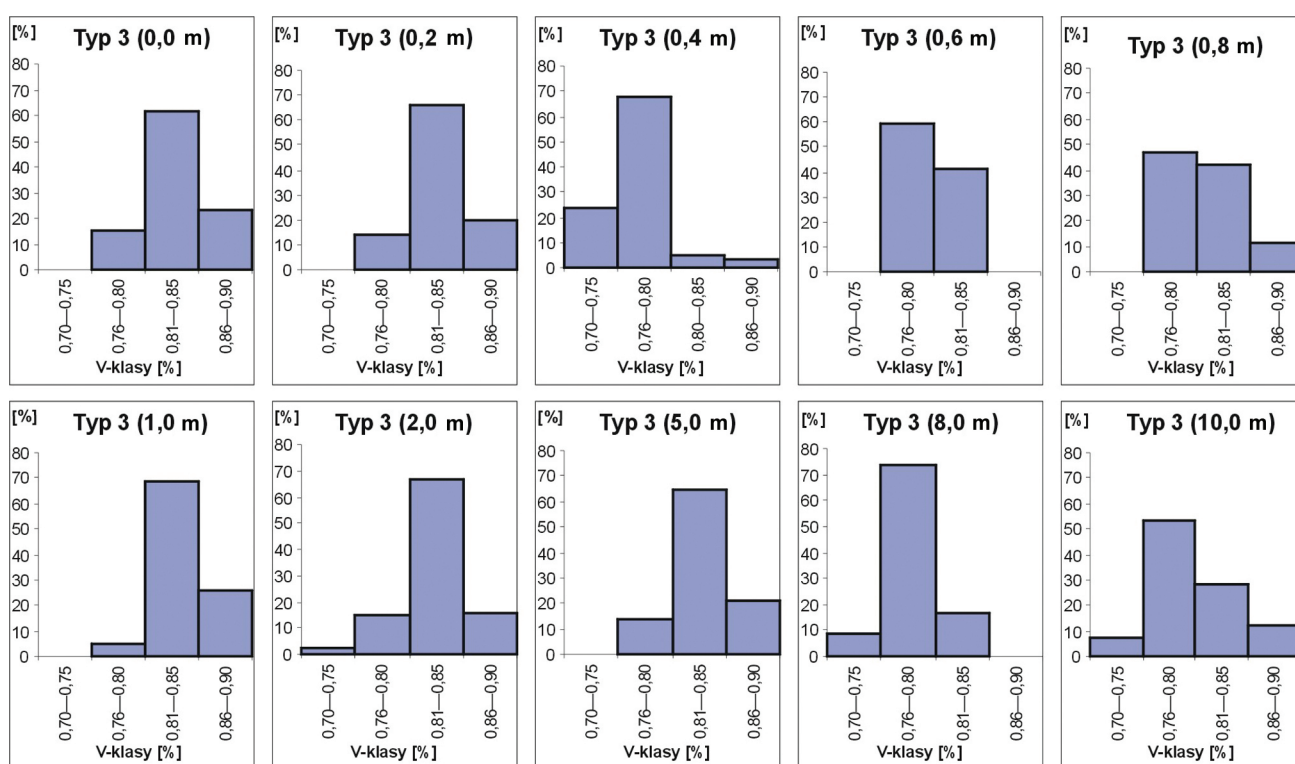
powierzchni uskoku (średnia odpowiednio 51% i 10%) nieznacznie rośnie w stosunku do strefy niezmięnionej, przeciętnie odpowiednio o 2% i 5,3%. Zawartość macerałów grupy liptynitu i inertynitu (średnio 10,5% i 28,5%) w niewielkim stopniu się obniża, średnio odpowiednio o 4,5% i 3,4%. Zmienność zawartości macerałów grupy wityritu i inertynitu jest mała (odpowiednio 6,1% i 13,9%), a liptynitu i substancji mineralnej przeciętna (odpowiednio 22,5% i 31,6%).

Agradacyjny typ zmienności jakości węgla reprezentuje próbka nr 68. Wartości jego parametrów zamieszczono w tabeli 17. Wynika z niej, że wartości poszczególnych parametrów w strefie przyuskokowej i poza nią są w dużym stopniu zbliżone z wartościami średnimi tego typu (tab. 16 i 17). Średnie wartości współczynników zmienności (odpowiednio 12,7% i 16,6%) różnią się w niewielkim stopniu, a wartości zmienności w strefie przyuskokowej w stosunku do strefy niezmięnionej (odpowiednio 2,3% i 2,7%) są podobnie niskie.

6.1.3. Typ trzeci – brak zmian jakości węgla

Do tej grupy należy większość badanej populacji uskokuw (120 stwierdzeń). Dotyczą one tego samego obszaru badań. Szczegółowej ich lokalizacji nie podano, aby nie zaciemniać obrazu występowania pozostałych próbek poza przykładową próbką nr 86 (tab. 2f). Parametry jakościowe węgla w tej grupie uskokuw wykazywały niewielkie zróżnicowanie wartości na całej długości badanego odcinka pokładu, niezależnie od odległości od powierzchni uskoku i obecności brekcji tektonicznej. Zmienność wartości parametrów miała charakter losowy i nie

rzeczywista, substancja mineralna i ilość spękań, a spadek — części lotne, ciepło spalania, mikro-twardość i wityrynit. Pozostałe parametry wykazywały zróżnicowanie na poziomie niższym niż 5%. Dla wszystkich badanych parametrów w tym typie średnia wartość współczynnika zmienności wahała się od 1% do 109,1%, przeciętnie wynosiła 19,7%, a średnia wartość współczynnika korelacji R^2 Pearsona z odległością od powierzchni uskoku wynosiła 0,05 (tab. 18). Reflektogramy wityrynit są jednorodne, wąskie i przeważnie symetryczne (rys. 32). Przykład zmienności wartości poszczególnych parametrów węgla dla tego typu zmian przedstawiono w tab. 19 oraz na wykresach (rys. 6—29; typ 3). Wartości poszczególnych parametrów w strefie przyuskokowej i poza nią są zbliżone do



Rys. 32. Reflektogramy węgla (próbka 86) o niezmiennych wartościach badanych parametrów (typ 3) na odcinku 0—10 m od powierzchni uskoku

wykazywała zdecydowanej korelacji z odległością od uskoku. Odstępstwo od tej reguły stanowiła zawartość siarki całkowitej i pirytovej, która w przypadku mineralizacji szczeliny uskokowej siarczkami, głównie żelaza, znacznie rosła w pobliżu uskoku. Nie wpływało to na zmienność wartości innych parametrów węgla, poza zawartością popiołu i gęstością.

W strefie przyuskokowej (odcinek 0,0—1 m od powierzchni uskoku) ponad 5% zmiany wartości w stosunku do pozostałej badanej strefy wykazywały jedynie następujące parametry: wzrost — wilgoć, popiół, siarka całkowita, kontrakcja, gęstość

wartości średnich tego typu (tab. 18 i 19), podobnie jak średnie wartości współczynników zmienności (odpowiednio 20,3% i 19,7%). Zmienność wartości parametrów węgla w strefie przyuskokowej w stosunku do strefy niezmienionej jest mała i wykazuje zbliżone wartości (odpowiednio 0,8% i 1,3%).

Tabela 18
Zakres zmienności wartości badanych parametrów węgla dla trzeciego typu zmienności (3)

Rodzaj parametru	Wartość min./maks.	Średnia na odcinku 0—10/0—1 m	Standardowe odchylenie		Współczynnik zmienności [%]		Średnia na odcinku 2—10 m	0—1/2—10 maks./ 2—10 [%]	R ²
			min./maks.	średnia	min./maks.	średnia			
1	2	3	4		5		6	7/8	9
Wskaźniki analizy technicznej									
W ^a [%]	1,49/4,37	2,99/3,12	0,32/0,58	0,48	10,7/19,4	16,0	2,96	5,4/47,6	0,08
A ^a [%]	2,4/14,4	8,2/8,7	1,37/2,93	2,16	16,7/35,8	26,4	8,1	8,1/17,8	0,004
V ^{daf} [%]	24,1/36,9	33,1/31,7	0,72/2,58	1,33	2,2/7,8	4,0	34,8	−8,9/−30,7	0,1
Q _s ^{daf} [MJ/kg]	30,3/35,9	32,8/30,9	0,59/0,99	0,84	1,8/3,0	2,6	33,1	−6,6/−8,5	0,12
Wskaźniki analizy elementarnej									
N ^{daf} [%]	1,18/1,76	1,43/1,45	0,04/0,06	0,05	2,8/4,2	3,5	1,40	0,7/25,7	0,29
O ^{daf} [%]	5,0/12,6	9,8/9,5	0,80/1,34	1,01	8,1/13,6	10,3	9,3	2,2/35,1	0,07
C ^{daf} [%]	79,1/88,6	82,8/81,8	0,76/1,78	1,22	0,9/2,1	1,5	84,3	−3,0/−6,2	0,06
H ^{daf} [%]	4,15/6,11	5,02/4,98	0,19/0,59	0,31	3,8/11,7	6,2	5,12	−2,7/−18,9	0,003
S _t ^a [%]	0,39/1,36	0,77/0,79	0,14/0,27	0,21	18,2/35,1	27,3	0,73	8,2/76,6	0,01
S _p ^a [%]	0,24/0,88	0,54/0,58	0,09/0,19	0,13	16,7/35,2	24,1	0,56	3,6/57,1	0,01
S _{SO₄} ^a [%]	0,00/0,05	0,011/0,012	0,01/0,013	0,01	90,9/118,2	109,1	0,01	0,0/0,0	0
Wskaźniki własności koksowniczych									
RI	0,0/79,0	14,4/14,8	4,31/9,71	6,85	29,9/67,4	47,6	14,1	5,0/460,3	0,02
SI	1/5	—	—	—	—	—	—	—	—
a [%]	5,0/40,0	17,7/18,3	3,81/11,72	6,58	21,5/66,1	37,2	17,2	6,4/132,6	0,002
t ₁ [°C]	385/420	393,0/392,3	1,82/7,20	4,00	0,5/1,8	1,0	395,2	−0,8/−1,6	0
t ₂ [°C]	416/465	443,1/442,1	3,60/10,61	4,86	1,2/2,4	1,1	446,8	−1,1/−6,9	0,001
Wskaźniki własności fizycznych									
R _m ^a [%]	0,70/1,22	0,78/0,80	0,02/0,04	0,03	2,6/5,2	3,9	0,77	3,9/58,4	0,07
dr [Mg/m ³]	1,24/1,63	1,36/1,42	0,02/0,07	0,05	1,5/5,1	3,7	1,34	6,0/21,6	0,12
HV ₅₀ [10 ⁷ Pa]	29/43	35,1/32,9	2,50/5,71	4,10	7,1/16,2	11,7	34,7	−5,2/−16,4	0,005
Spękania [%]	2/22	11,8/12,8	3,62/6,23	4,60	30,5/52,5	39,0	12,1	8,8/82,6	0,02
Skład petrograficzny									
V [%]	41/78	52,4/50,6	3,32/12,42	5,80	6,3/23,7	11,1	55,7	−9,2/−26,4	0,04
L [%]	3/13	9,5/10,1	1,70/2,41	2,00	18,9/25,3	21,1	9,7	4,1/34,0	0,04
I [%]	8/43	30,7/31,8	3,23/9,41	5,10	10,4/30,6	16,6	26,5	−2,6/−74,2	0,03
SM [%]	3/12	7,4/7,5	1,90/4,10	2,00	25,7/55,4	27,0	7,1	5,6/69,0	0,03
Średnia:						19,7		1,3	0,05

Objaśnienia jak w tabeli 6.

6.2. Badania węgla ze stref uskokowych metodą spektroskopii w podczerwieni

Wyniki przedstawiają charakterystykę zmian chemicznej struktury badanych węgli wywołanych wietrzeniem w funkcji odległości od powierzchni uskoku. Do badań wybrano 28 próbek węgla, reprezentatywnych dla poszczególnych kierunków przemian (próbki nr 4, 21, 68 i 86; tab. 2), pobranych w odległości od 0 m do 5 m (0, 0,2, 0,6, 0,8, 1, 2, 5 [m]) od powierzchni uskoku, ponieważ nie stwierdzono zmian sięgających poza 2 m. Badania

próbek węgla przygotowanych techniką pastylek z bromku potasu wykonano na spektrometrze FT-IF MAGNA 560. Analizę w podczerwieni prowadzono półilościowo na podstawie intensywności wybranych pasm absorpcyjnych, pochodzących od ugrupowań alifatycznych, aromatycznych i tlenowych, dla których w celach porównawczych wyznaczono wartości absorbancji zgodnie z prawem Lamberta—Beera. Badania te potwierdziły występowanie trzech typów zmienności węgli w strefach uskokowych, z tym że dla typu pierwszego wydzielono tylko węgle intensywnie i słaboprzeobrażone wietrzeniowo (ĆMIEL, MATUSZEWSKA, 2004).

Najbardziej charakterystyczne zależności dla zmienności absorbancji wybranych pasm widm wę-

Tabela 19

Typowe wartości badanych parametrów charakterystyczne dla trzeciego (3) typu zmienności (próbka nr 86)

Rodzaj parametru	Odległość [m]								Wartość min./maks.	Średnia na odcinku 0—10 m	Średnia na odcinku 0—1 m	Standardowe odchylenie	Współcznik zmienności [%]	Średnia na odcinku 2—10 m	Zmienność [%]
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	5							
Wskaźniki analizy technicznej															
W ^a [%]	3,55	2,96	3,2	2,96	3,05	2,98	2,83	2,93	3,31	3,34	3,11	0,23	7,4	3,10	0,6
A ^a [%]	12,5	8,6	6,9	9,4	11,8	8,9	6,3	10,6	8,0	10,9	9,4	2,06	22,0	8,9	8,3
V ^{daf} [%]	32,8	35,3	34,2	33,1	33,8	32,1	33,1	32,7	35,8	34,0	33,7	1,17	3,5	33,9	−1,03
Q _s ^{daf} [MJ/kg]	33,0	33,9	34,2	34,3	33,5	33,9	34,0	32,1	33,4	33,7	33,6	0,67	2,0	33,3	1,6
Wskaźniki analizy elementarnej															
N ^{daf} [%]	1,53	1,44	1,49	1,52	1,45	1,48	1,47	1,51	1,45	1,41	1,47	0,04	2,7	1,46	1,4
O ^{daf} [%]	9,7	8,8	11,7	9,7	11,3	8,5	9,0	10,3	9,8	8,4	9,7	1,14	11,7	9,4	6,1
C ^{daf} [%]	82,1	82,5	80,1	82,1	81,5	83,4	82,9	81,4	82,3	82,9	82,1	0,94	1,1	82,4	−0,5
H ^{daf} [%]	4,94	5,35	4,97	5,26	4,62	5,26	5,19	5,39	5,20	4,83	5,10	0,25	4,9	5,15	−1,55
S _t ^a [%]	1,12	0,97	0,88	0,70	0,72	0,70	0,79	0,54	0,71	1,18	0,83	0,2	24,1	0,80	6,3
S _p ^a [%]	0,99	0,63	0,57	0,48	0,48	0,45	0,51	0,50	0,45	0,87	0,59	0,58	98,3	0,58	3,5
S _{So₄} ^a [%]	0,02	0,01	0,00	0,03	0,02	0,00	0,03	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	85,7	0,02	−13,33
Wskaźniki własności koksowniczych															
RI	5	16	20	7	15	12	12	17	9	13	12,6	4,7	36,9	12,8	−1,96
SI	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	—	—	—	—	—
a [%]	9,2	23,0	33,8	8,2	7,8	17,4	17,6	20,1	16,9	13,0	16,7	8,0	47,9	16,9	−2,94
t ₁ [°C]	394	390	385	402	385	397	389	399	390	391	392,2	5,7	1,5	392,3	0,0
t ₂ [°C]	441	447	440	441	433	448	444	444	444	439	442,1	4,3	1,0	442,8	−0,24
Wskaźniki własności fizycznych															
R _m ^a [%]	0,83	0,82	0,76	0,79	0,79	0,83	0,81	0,83	0,77	0,79	0,80	0,03	3,7	0,80	0,0
d _r [Mg/m ³]	1,42	1,39	1,34	1,35	1,38	1,36	1,35	1,40	1,35	1,34	1,37	0,03	2,2	1,36	0,7
HV ₅₀ [10 ⁷ Pa]	35	39	32	36	34	40	37	32	35	37	35,7	2,7	7,5	35,3	2,1
Spękania [%]	13	15	8	5	6	12	11	10	7	15	10,2	3,6	35,4	10,8	−8,56
Skład petrograficzny															
V [%]	54	60	56	48	58	59	56	61	55	55	56,2	3,7	6,6	56,7	−1,53
L [%]	11	9	9	11	8	9	11	7	10	9	9,4	1,4	14,4	9,3	2,7
I [%]	26	23	25	36	25	28	26	28	30	27	27,4	3,6	13,1	27,8	−2,09
SM [%]	9	8	10	5	9	4	7	4	5	9	7,5	2,3	33,0	6,3	20,0
Średnia:	20,3														

Objaśnienia jak do tabeli 7.

gli z odległością od uskoku przedstawiono na wykresach (rys. 33—46), które zawierają również równanie regresji, linię trendu oraz kwadrat współczynnika korelacji R^2 Pearsona. Analizie poddano zmienność absorbancji pojedynczych pasm jak i zmienność ilorazów absorbancji wybranych pasm. Te ostatnie jako stosunek absorbancji pasm ugrupowań alifatycznych i tlenowych względem aromatycznych mają większe znaczenie dla określenia tendencji zmian w strukturze badanych węgli.

Ze względu na wyrazistość wyników w badaniach wzięto pod uwagę następujące pasma:

- dla drgań połączeń tlenowych pasma przy liczbach falowych 3300 cm^{-1} (OH), 1700 cm^{-1} i 1660 cm^{-1} (C=O),
- dla drgań związków aromatycznych pasma przy liczbach falowych 3030 cm^{-1} (CH), 1600 cm^{-1} (C=C) i w zakresie $860\text{—}700\text{ cm}^{-1}$ (CH),
- dla drgań połączeń alifatycznych pasma przy liczbach falowych 2925 cm^{-1} oraz 1450 cm^{-1} i 1380 cm^{-1} (wiązań grup CH).

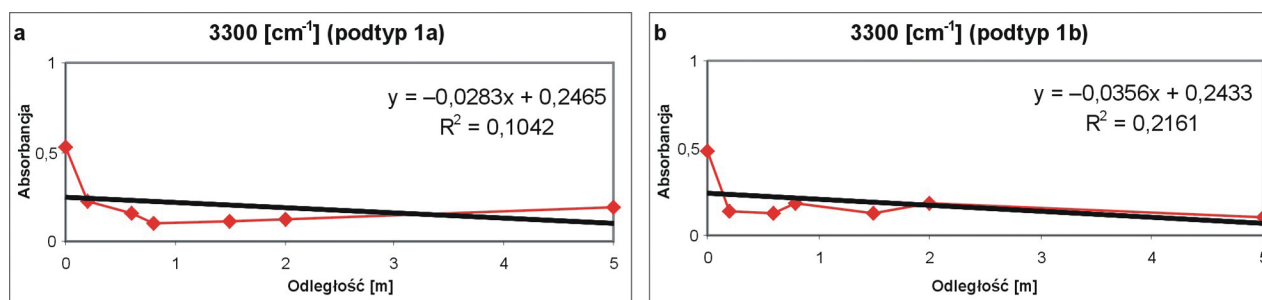
6.2.1. Strefa zróżnicowanego stopnia wietrzenia (typ 1)

Absorbancja badanych pasm połączeń tlenowych w strefie degradacji wietrzeniowej w stosunku do stref nieprzeobrażonych jest wysoka, a jej zmienność wyraźna. Wykazuje ona wzrost na odcinku do 0,8 m od powierzchni uskoku, a wartość współczynnika korelacji absorbancji z odległością

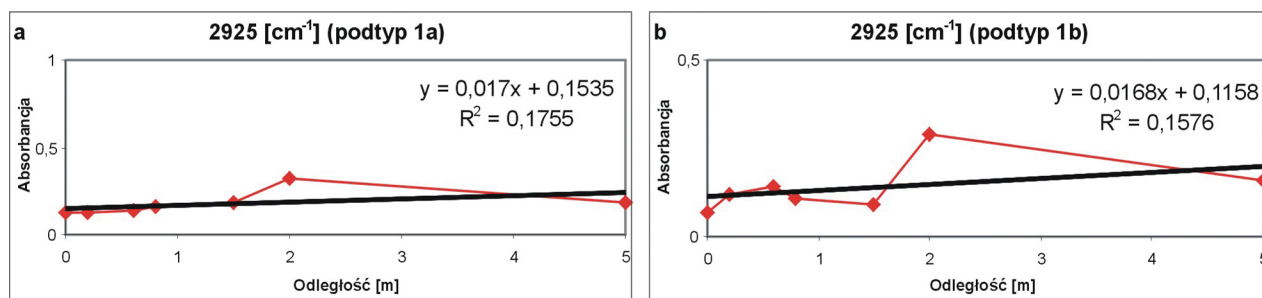
od uskoku jest w obu przypadkach niska i ujemna (rys. 33a, b). Wartość absorbancji analizowanych pasm ugrupowań alifatycznych zdecydowanie obniża się na odcinku 1,5 m od powierzchni uskoku. Potwierdzeniem tej tendencji jest dodatnia i niska korelacja z odległością od uskoku, niezależnie od intensywności przeobrażeń (rys. 34a, b).

Wyraźny spadek intensywności obserwuje się dla pasm struktur aromatycznych, przy liczbie falowej 3030 cm^{-1} i 1600 cm^{-1} , w przypadkach słabego i silnego wietrzenia. Spadek ten występuje na odcinku 1,5 m od powierzchni uskoku. Dodatni współczynnik korelacji z odległością od uskoku jest istotny w strefie silnego wietrzenia i wysoki w rejonie wietrzenia niższego stopnia (rys. 35a, b). Pasma struktur aromatycznych o liczbach falowych od 860 cm^{-1} do 700 cm^{-1} w strefach degradacji wietrzeniowej nie wykazują zdecydowanej tendencji zmienności.

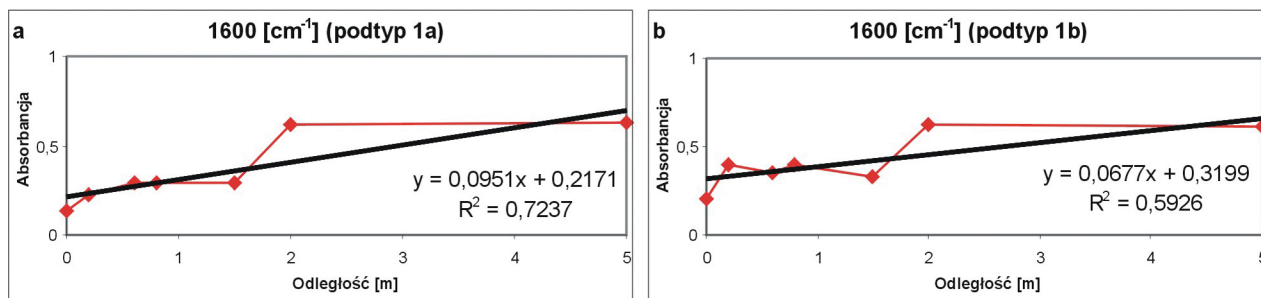
Stosunek absorbancji pasm tlenowych przy liczbach falowych 3300 cm^{-1} i 1700 cm^{-1} do pasm aromatycznych w obu strefach wietrzenia wykazuje zdecydowany wzrost wartości, co na ogół potwierdza średnia wartość ujemnej korelacji z odległością od uskoku (rys. 36a, b i 37a). Ta tendencja zmienności jest nieco mniej wyraźna dla pasma przy liczbie falowej 1660 cm^{-1} . Stosunek absorbancji pasm tlenowych do pasm alifatycznych wykazuje podobną zależność, z tym że najwyraźniej dotyczy stosunku pasm $3300/2925\text{ cm}^{-1}$ i $3300/1380\text{ cm}^{-1}$ (rys. 37b i 38a). Podobną tendencję obserwowano w obszarze mniejszego przeobrażenia wietrzeniowego, co potwierdzają wykresy (rys. 38b i 39a, b). Rosną również wartości ilorazów absorbancji pasm



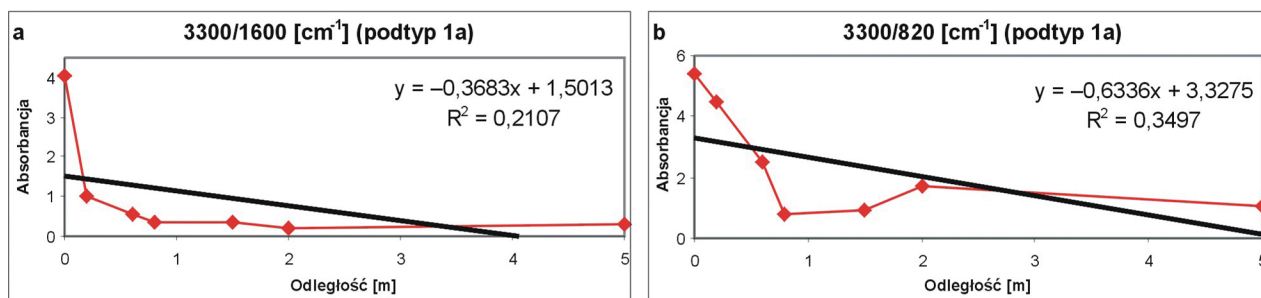
Rys. 33. Pasma drgań wiązań OH w połączeniach tlenowych (typ 1)



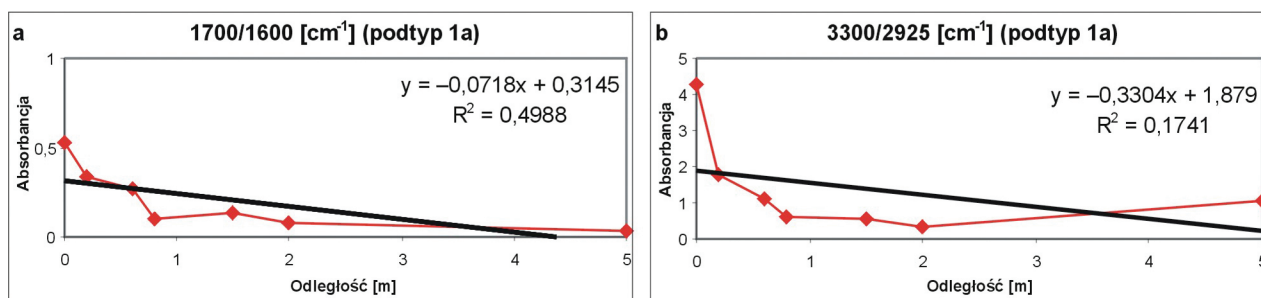
Rys. 34. Pasma drgań wiązań C—H w połączeniach alifatycznych (typ 1)



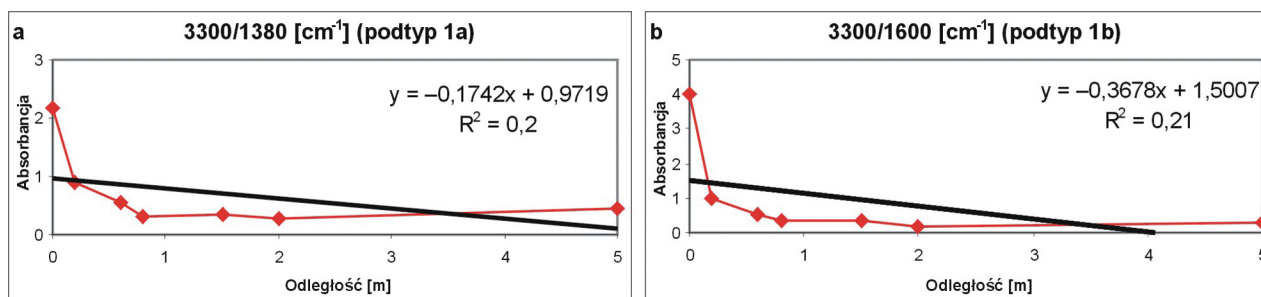
Rys. 35. Pasmo drgań wiązań C=C w pierścieniach aromatycznych (typ 1)



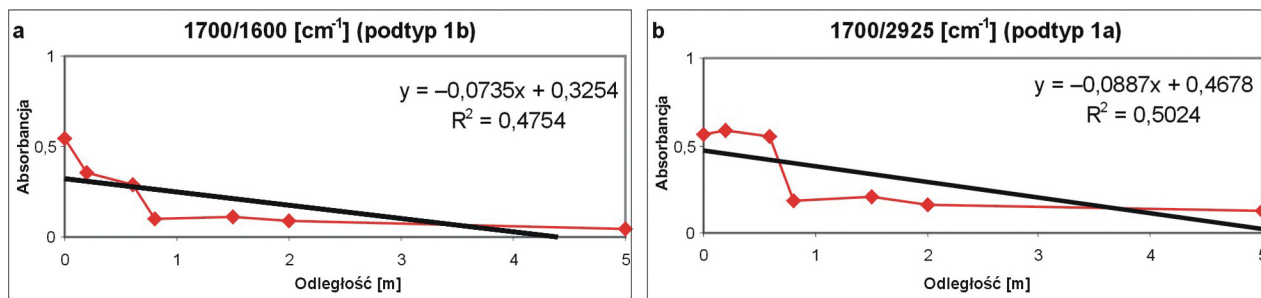
Rys. 36. Stosunek absorbancji pasm tlenowych do aromatycznych (typ 1)



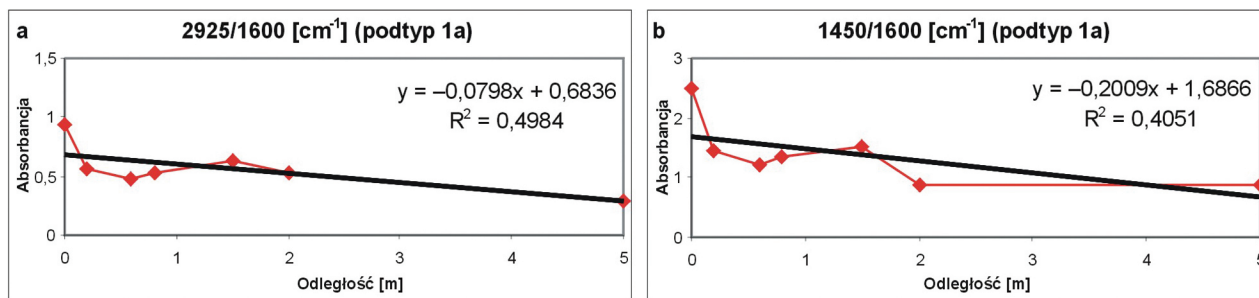
Rys. 37. Stosunek absorbancji pasm tlenowych do aromatycznych i pasm tlenowych do alifatycznych (typ 1)



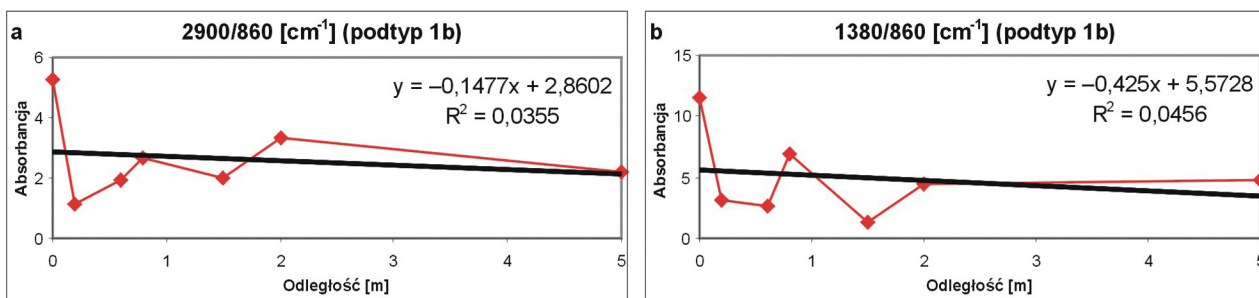
Rys. 38. Stosunek absorbancji pasm tlenowych do aromatycznych i pasm tlenowych do alifatycznych (typ 1)



Rys. 39. Stosunek absorbancji pasm tlenowych do aromatycznych i pasm tlenowych do alifatycznych (typ 1)



Rys. 40. Stosunek absorpcji pasm alifatycznych do aromatycznych (typ 1)



Rys. 41. Stosunek absorpcji pasm alifatycznych do aromatycznych (typ 1)

alifatycznych do aromatycznych, czego potwierdzeniem jest ujemna korelacja z odległością od uskoku. Wzrost ten stanowi wynik większej podatności na utlenianie ugrupowań aromatycznych niż alifatycznych (SÝKOROVÁ *et al.*, 1996), a co za tym idzie większego spadku ich intensywności. Przykłady zmienności zanotowane dla obu typów przemian wietrzeniowych przedstawiono na wykresach (rys. 40a, b i 41a, b).

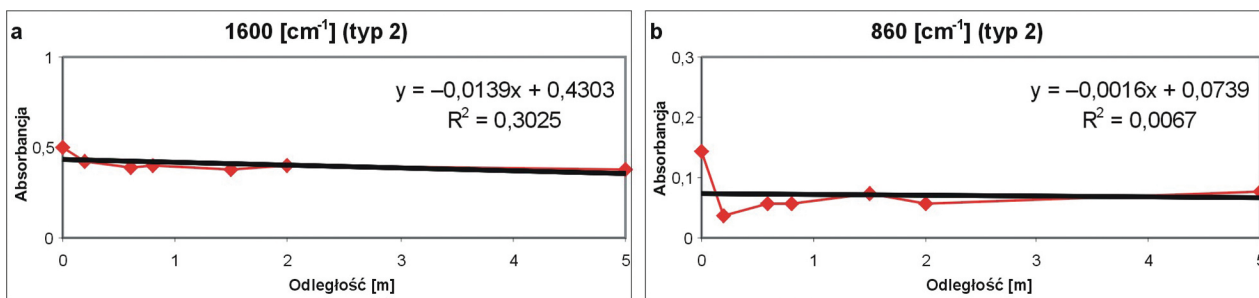
6.2.2. Strefa zmian agradacyjnych jakości węgla (typ 2)

Obniżenie intensywności dla próbek węgla z rejonu lustra tektonicznego wykazuje tylko pasmo połączeń tlenowych przy liczbie falowej 3300 cm⁻¹, korelacja zaś z odległością od uskoku jest średnia i pozytywna. Znaczący wzrost intensywności absorpcji obserwuje się w przypadku pasm połączeń aromatycznych, a także przeciętnej i niskiej

wartości ujemnej korelacji z odległością od uskoku (rys. 42a, b). Zmienność pasm alifatycznych ma charakter raczej losowy, a ujemna korelacja z odległością od uskoku jest niska. Wartość stosunku absorpcji pasm tlenowych do aromatycznych w rejonie lustra tektonicznego wykazuje niewielki spadek, korelacja zaś jego wartości z odległością od uskoku jest na ogół ujemna i niska (rys. 43a, b i 44a).

Iloraz absorpcji pasm alifatycznych do aromatycznych wykazuje zmienne tendencje, z przewagą spadku wartości w bezpośredniej bliskości uskoku. Korelacja z odległością od uskoku jest zdecydowanie ujemna i niska (rys. 44b, 45a, b). Iloraz stosunku absorpcji pasm tlenowych do alifatycznych nie wykazuje wyraźnych prawidłowości w zmienności.

Badaniom poddano również pasma absorpcji w widmach pochodzących z tych próbek węgla, w których innymi metodami nie stwierdzono zależności zmienności parametrów jakościowych z odległością od powierzchni uskoku (typ 3). Okazało się, że również analiza spektroskopowa w podczer-



Rys. 42. Pasma drgań wiązań C=C w pierścieniach aromatycznych (typ 2)

6.3. Badania parametrów geomechanicznych skał w strefach uskokowych

W strefach uskokowych zmierzono tylko wartość parametrów określających wytrzymałość mechaniczną skał otaczających, ponieważ parametry te w odniesieniu do węgla podlegały tak znacznej degradacji, że uniemożliwiło to ich pomiar. Dlatego do określenia stopnia ich przeobrażenia zastosowano badania mikroskopowe mające na celu określenie stopnia spękania i twardości poszczególnych ziaren węgla (metodą Vickersa). Zostały one omówione wraz ze wskaźnikami własności fizycznych węgla.

Badania takich własności geomechanicznych skał otaczających pokłady węgla jak: gęstość objętościowa, porowatość efektywna, wskaźnik odbojności oraz wytrzymałość mechaniczna na jednoosiowe ściskanie przeprowadzono w skrzydłach zrzuconych i wiszących uskoków. Pomiarów wykonano, w zależności od dostępności ociosu, na odcinku od 0 m do 7–20 m od powierzchni uskoków: wojkowicko-będzińskiego — rejon C (KWK „Paryż” — lokalizacja badań 2b) i D (KWK „Porąbka-Klimontów” — lokalizacja badań 1a), radzionkowskiego — rejon A i B (KWK „Powstańców Śląskich + Bytom I” — lokalizacja badań 3c i „Bobrek-Centrum” — lokalizacja badań 5e), bytomskiego — rejon B (KWK „Bobrek-Centrum” — lokalizacja badań 4d) i kłodnickiego — rejon H (KWK „Wujek”, Ruch „Śląsk” — lokalizacja badań 6f) (rys. 3, tab. 2g). Gęstość objętościowa i porowatość efektywna badanych skał nie wykazywały znaczących zmian, natomiast parametry wytrzymałościowe charakteryzowały się wyraźnym wzrostem wartości z odległością od uskoków, niezależnie od tego, w jakim skrzydle uskoku wykonywano pomiary (ĆMIEL, IDZIAK, 1990, 1999). Opracowując wyniki pomiarów (średnie wartości dla odcinków jednometrowych w funkcji odległości od powierzchni uskoków), wyznaczono semiwariogramy mierzonych wielkości. Wskazują one na istnienie krótko- i długozasięgowych trendów zmienności. Po wyeliminowaniu tych trendów, sporządzone ponownie semiwariogramy wykazują czysto losowy charakter. Sugeruje to istnienie zarówno deterministycznych, jak i losowych czynników odpowiadających za wytrzymałość skał w strefach uskokowych. Wyniki badań wskaźnika odbojności i wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie przedstawiono w tab. 20 oraz na wykresach (rys. 47 i 48).

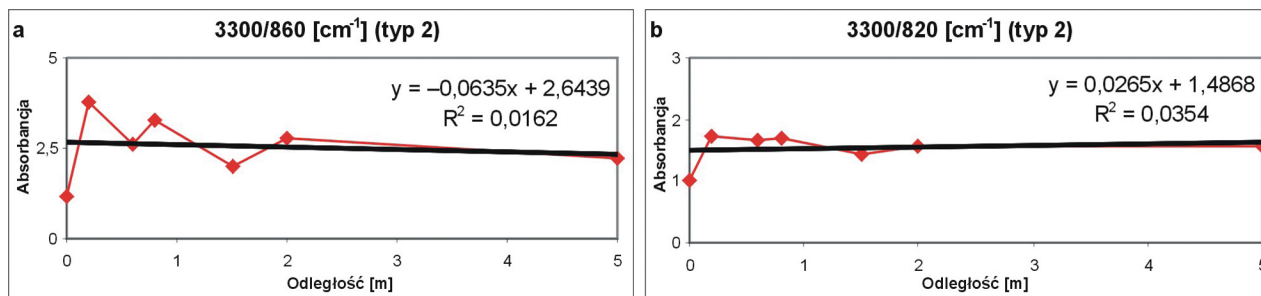
W rejonie uskoku klimontowskiego (rys. 3 — rejon D, lokalizacja 1a; rys. 47, 48 — prosta 1a)

badane mułowce wykazują wartość wskaźnika odbojności od 11,5 do 37 jednostek, a wytrzymałości na ściskanie od 7,6 MPa do 24 MPa. Na odcinku około 11 m od powierzchni uskoków wartość średnia tych parametrów (odpowiednio 14,8 jednostek i 8,7 MPa) jest najniższa, ale stała, a następnie skokowo wzrasta o odpowiednio 110,7% i 115,3% do wartości 31,2 jednostek i 18,8 MPa. Semiwariogram wskaźnika odbojności i wytrzymałości na ściskanie aproksymowano dwoma odcinkami z nieciągłością w odległości 11 m od powierzchni uskoków. Odpowiada to sytuacji, gdy zmienność badanej wielkości składa się z czynnika losowego oraz średniozasięgowy czynnik deterministyczny. Wyznaczony trend (rys. 47 i 48, prosta 1a) ma charakter funkcji stałej na odcinku do 11 m od uskoków i funkcji liniowej powyżej tej odległości.

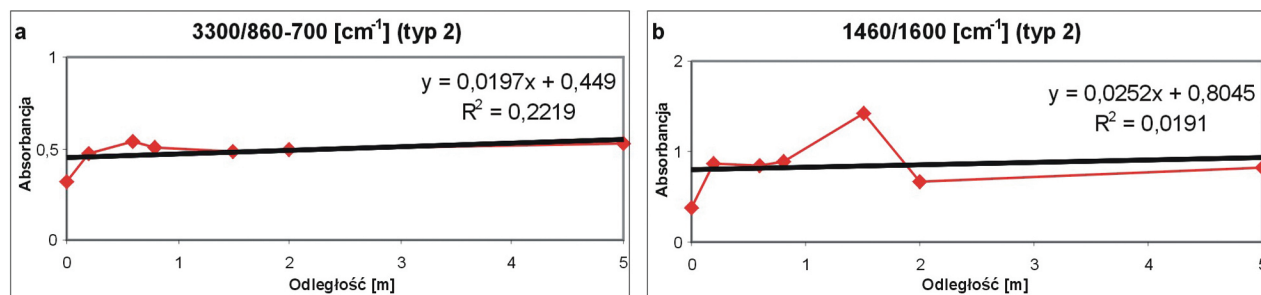
W rejonie uskoków wojkowicko-będzińskiego (rys. 3 — rejon C, lokalizacja 2b; rys. 47, 48 — prosta 2b) wartość omawianych parametrów badanych piaskowców waha się odpowiednio od 10,5 do 30,6 jednostek i 10 MPa do 16,4 MPa (średnio 21,6 jednostki i 13,2 MPa). Ich semiwariogramy mają postać funkcji liniowej, charakterystyczną dla nakładania się lokalnego czynnika losowego na dalekozasięgowy trend. Po wyeliminowaniu trendu semiwariogram ma charakter czysto losowy.

W obszarze oddziaływania uskoków radzionkowskiego (rys. 3 — rejon A, lokalizacja 3c i rejon B, lokalizacja 5e; rys. 47, 48 — odpowiednio prosta 3c i 5e) badane piaskowce wykazują wartości wskaźnika odbojności i wytrzymałości na ściskanie w zakresie odpowiednio 32,6–44,9 jednostek i 25,8–41,9 MPa (średnio 38,7 jednostki i 33,9 MPa) dla rejonu A oraz 16,6–42,4 jednostki i 10,9 MPa–36,5 MPa (średnio 29,4 jednostki i 23,7 MPa) dla rejonu B. Semiwariogramy dla obu rejonów są funkcjami liniowymi i wskazują na obecność deterministycznego czynnika dalekozasięgowego. Po wyeliminowaniu wyznaczonego trendu liniowego oba semiwariogramy przechodzą w funkcję stałą, odpowiadającą zmienności losowej.

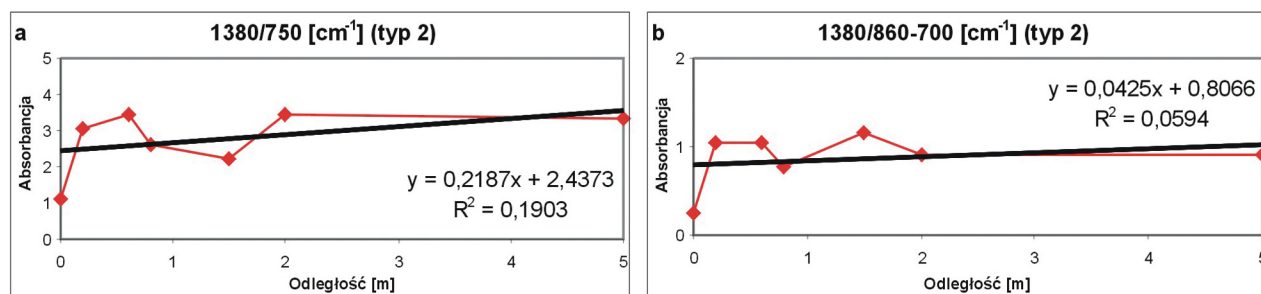
W badanych piaskowcach uskoków bytomskiego (rys. 3 — rejon B, lokalizacja 4d; rys. 47, 48 — prosta 4d) wskaźniki odbojności i wytrzymałość na ściskanie wynoszą odpowiednio 12–37,7 jednostek i 6–29,2 MPa. W tym rejonie czynnik losowy o rozkładzie normalnym nakłada się na czynnik krótkozasięgowy o ograniczonej strefie wpływów (około 10 m). Semiwariogram dla takiej sytuacji najlepiej opisuje tzw. model sferyczny (NIEĆ, 1990). Natomiast trend zmian można opisać funkcją liniową z nieciągłością w odległości około 4 m od płaszczyzny uskoków. Średnia wartość paramet-



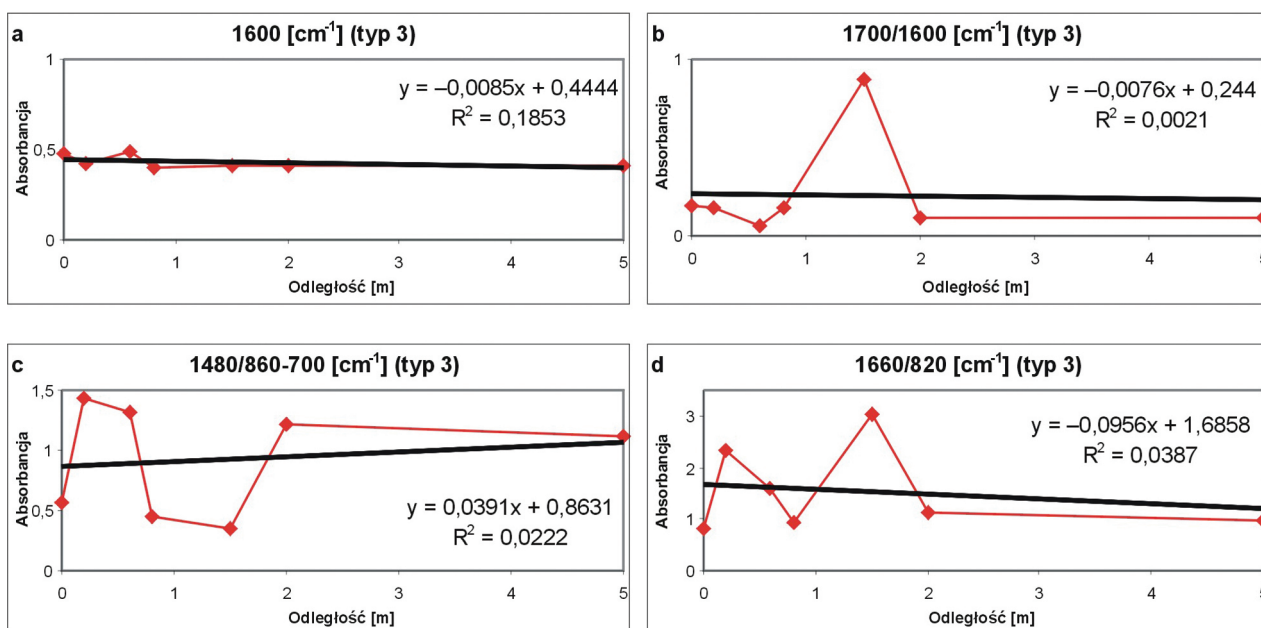
Rys. 43. Stosunek absorpcji pasm tlenowych do aromatycznych (typ 2)



Rys. 44. Stosunek absorpcji pasm alifatycznych do aromatycznych (typ 2)



Rys. 45. Stosunek absorpcji pasm alifatycznych do aromatycznych (typ 2)



Rys. 46. Brak wyraźnej zmienności absorpcji z odległością od powierzchni uszku (typ 3)

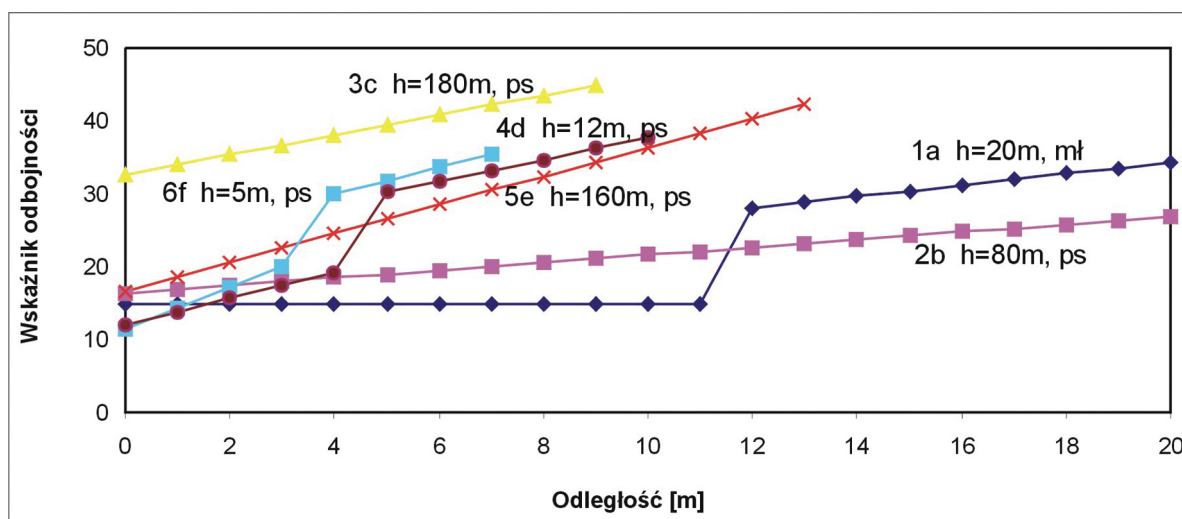
wieni nie wykazywała wyraźnych tendencji w ich zmienności, a współczynnik korelacji dla wyzna-

czonych zależności najczęściej przyjmuje wartość niską i ujemną (rys. 46a, b, c, d).

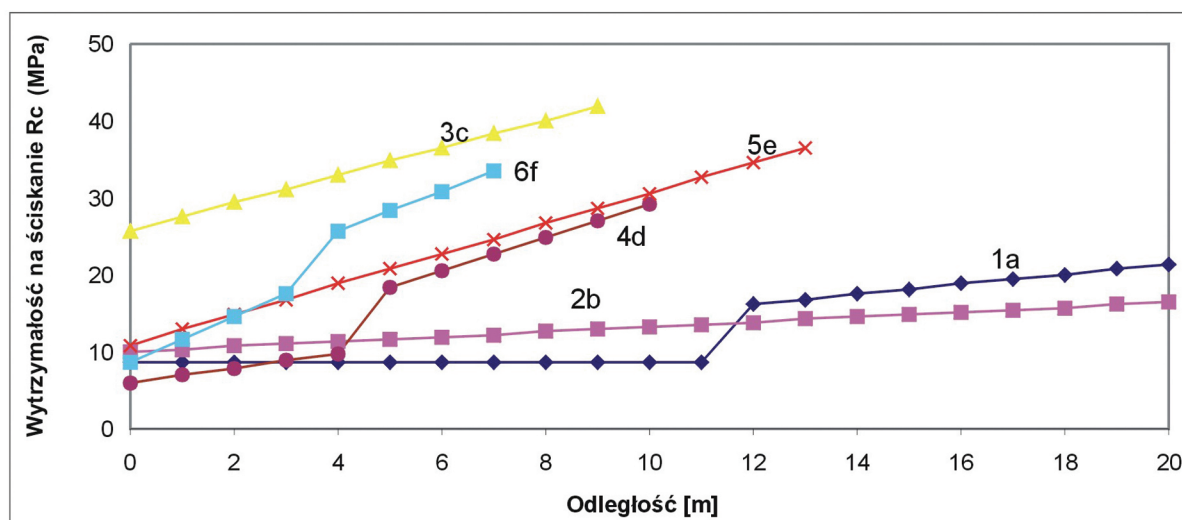
Tabela 20

Parametry geomechaniczne badanych skał (wg: ĆMIEL, IDZIAK, 1999, zmodyfikowano)

Prosta / rejon	Liczba pomiarów	Wskaźnik odbojności $r(L)$	Średnia	Wytrzymałość na ściskanie R_c [MPa]	Średnia [MPa]
1a / D	116	$r(L) = 14,8$ dla $L < 11$ m	14,8	$R_c = 8,73$ dla $L < 11$ m	8,73
	159	$r(L) = 0,78 L + 18,7$ dla $L > 11$ m	31,18	$R_c = 0,65 L + 8,4$ dla $L > 11$ m	18,8
2b / C	282	$r(L) = 0,52 L + 16,4$	21,6	$R_c = 0,32 L + 10,04$	13,24
3c / A	100	$r(L) = 1,37 L + 32,6$	38,76	$R_c = 1,79 L + 25,81$	33,86
4d / B	40	$r(L) = 1,8 L + 11,97$ dla $L < 4$ m	15,6	$R_c = 0,95 L + 6,0$	7,9
	65	$r(L) = 1,5 L + 22,67$ dla $L > 4$ m	32,73	$R_c = 2,18 L + 7,40$	23,75
5e / B	143	$r(L) = 1,99 L + 16,5$	29,43	$R_c = 1,97 L + 10,92$	23,72
6f / H	31	$r(L) = 2,80 L + 11,5$ dla $L < 3$ m	15,7	$R_c = 2,99 L + 8,72$	13,2
	45	$r(L) = 1,85 L + 22,5$ dla $L > 3$ m	32,67	$R_c = 2,54 L + 11,1$	29,57



Rys. 47. Linie regresji wskaźnika odbojności z odległością od powierzchni uskoku



Objaśnienia: 1a — wyniki pomiarów w KWK Porąbka-Klimontów (rejon D) — uskok klimontowski, 2b — wyniki pomiarów w KWK Paryż (rejon C) — uskok wojkowicko-będziński, 3c — wyniki pomiarów w KWK Powstańców Śląskich + Bytom I (rejon A) — uskok radzionkowski, 4d — wyniki pomiarów w KWK Bobrek-Centrum (rejon B) — uskok bytomski, 5e — wyniki pomiarów w KWK Bobrek-Centrum (rejon B) — uskok radzionkowski, 6f — wyniki pomiarów w KWK Wujek-Ruch Śląsk (rejon H) — przy uskoku kłodnickim, ps — piaskowiec, mł — mułowiec

Rys. 48. Linie regresji wytrzymałości mechanicznej na ściskanie z odległością od powierzchni uskoku

trów do 4 m od powierzchni uskoku wynosi odpowiednio 15,6 jednostek i 7,9 MPa, a w odległości większej niż 4 m — odpowiednio 32,7 jednostek i 23,7 MPa, wzrastając odpowiednio o 109,8% i 200,5%. Potwierdzeniem istnienia krótkozasięgowego czynnika powodującego podwyższenie zróżnicowania omawianych parametrów na odcinku do około 6 m jest postać semiwariogramu po wyeliminowaniu trendu.

W obszarze uskoku kłodnickiego (rys. 3 — rejon H, lokalizacja 6f; rys. 47, 48 — prosta 6f) w piaskowcach poddanych badaniu wskaźnik odbojności i wytrzymałość na ściskanie przyjmują wartości odpowiednio od 11,5 do 35,4 jednostek oraz od 8,7 MPa do 33,4 MPa. Semiwariogramy dla analizowanych parametrów aproksymowano funkcją liniową z nieciągłością w odległości około 3 m od powierzchni uskoku. Średnia wartość parametrów na odcinku do 3 m od uskoku wyniosła odpowiednio 15,7 jednostek i 13,2 MPa, a powyżej 3 m wzrosła odpowiednio o 108,1% i 124% do wartości odpowiednio 32,7 jednostek i 29,6 MPa. Po wyeliminowaniu trendu semiwariogramy mają postać funkcji stałej, co świadczy o istnieniu czynnika losowego o rozkładzie normalnym. Charakterystyczne jest to, że skokowy wzrost wartości wytrzymałości skał na ściskanie jednoosiowe (proste 1a, 4d i 6f) ma miejsce na mniejszych odległościach od uskoku, występuje w przypadkach wyższej wartości wytrzymałości skał oraz przy mniejszej wielkości zrzutu uskoków. Może to sugerować wyładowanie destrukcyjnej energii na najbliższym powierzchni uskoku odcinku skał. Porównując maksymalne mierzone wartości wytrzymałości na ściskanie ze średnimi wartościami dla skał karbońskich widać, że są one obniżone i wykazują tendencję wzrostową, co może wskazywać, że pomiary nie sięgnęły poza strefę oddziaływania uskoku.

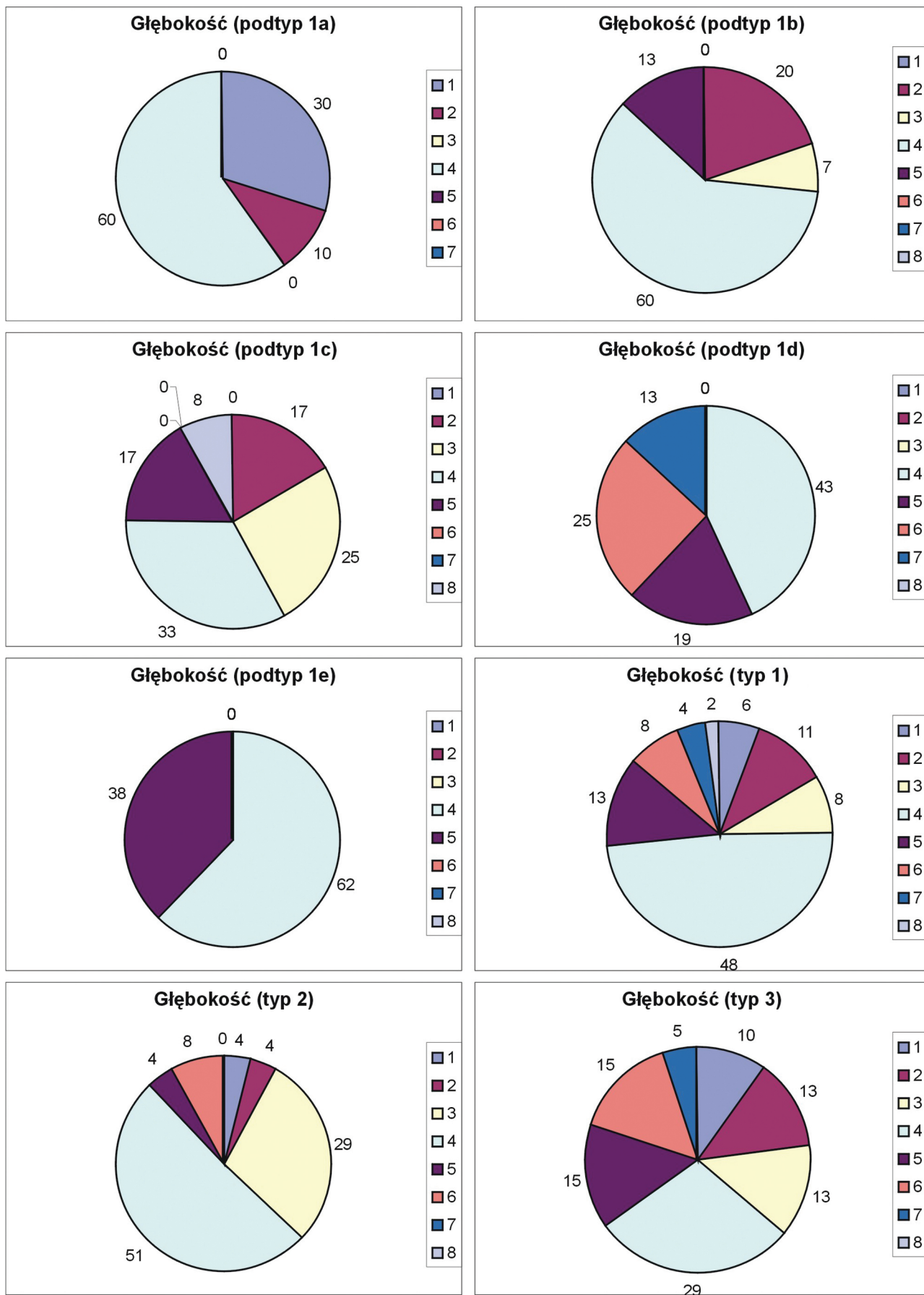
6.4. Związki parametrów geometrycznych badanych dyslokacji ze stopniem przeobrażenia węgla

Badania zmian jakości węgla w strefach uskokowych prowadzono również w aspekcie wielkości kąta upadu, amplitudy i azymutu zrzutu płaszczyny uskoku oraz głębokości ich występowania. Głębokość prowadzonych obserwacji zależała głównie od dostępności poziomów eksploatacyjnych kopaliń i obejmowała interwał od 300 m do 1030 m, z tym że wartości średnie występowania zmian degradacyjnych, agradacyjnych i braku zmian jakości węgla były do siebie zbliżone (tab. 21). W strefach przeobrażonych wietrzeniowo średnia głębokość wyniosła 633 m, zmienionych wietrzeniowo i termicznie — 667 m, podwyższających jakość — 605 m i bez zmian — 642 m. Węgla w różnym stopniu zmienione wietrzeniowo wykazują wyraźną zależność stopnia degradacji od głębokości występowania. Węgla najsilniej utlenione występują najpłycej (najniższe wartości średnie, minimalne i maksymalne głębokości występowania to odpowiednio: 538 m, 300 m i 680 m), a najslabiej zmienione węgle występują najgłębiej (odpowiednio 757 m, 644 m i 923 m). Tę negatywną zależność potwierdza wysoka wartość ujemnego współczynnika korelacji (–0,96). Największa liczba próbek węgla w różnym stopniu zwięziały (podtypy 1a–d) pochodzi z głębokości 600–800 m (61%). Głębokość występowania typów węgla najsilniej utlenionych (podtyp 1a) jest związana z dwoma interwałami 300–400 m i 600–700 m (odpowiednio 30% i 60% próbek), słabiej utlenionych (podtyp 1b) głównie z interwałem 600–700 m (60% próbek), a wykazująca najmniejsze zmiany

Tabela 21

Parametry geometryczne badanych dyslokacji w miejscach pobrania próbek

Typ zmian	Głębokość [m]			Amplituda zrzutu [m]			Kąt upadu [°]			Azymut upadu [°]		
	min.	maks.	średnia	min.	maks.	średnia	min.	maks.	średnia	min.	maks.	średnia
1a	300	680	538	25	180	53	60	87	71	65	260	206
1b	430	705	610	2	80	35	50	90	68	55	235	206
1c	430	1030	628	2	100	36	75	90	75	35	240	133
1d	644	923	757	2	70	18	65	85	69	55	260	181
1e	611	745	667	18	70	42	65	80	71	90	260	207
2	380	850	605	10	160	32	60	85	73	15	265	183
3	300	1030	642	2	180	28	47	85	71	22	337	163
Współczynnik korelacji (1a—d)			−0,96			0,94			−0,04			0,55



Objaśnienia: 1 = 300—400 m, 2 = 401—500 m, 3 = 501—600 m, 4 = 601—700 m, 5 = 701—800 m, 6 = 801—900 m, 7 = 901—1000 m, 8 = 1001—1100 m

Rys. 49. Diagram interwałów głębokości przeprowadzonych badań [%]

(podtyp 1d) — z interwałem 600—900 m (87% próbek) (rys. 49). Węgla słaboutlenione i zmineralizowane w strefie uskoku (podtyp 1c) występują głównie w interwale 500—700 m (58% próbek). Występowanie węgla przeobrażonych termicznie i wietrzeniowo stwierdzono w zasadzie na dwóch poziomach eksploatacyjnych zbliżonych głębokościowo do 620 m i 740 m. Węgla wykazujące wzrost jakości w rejonie uskoku (typ 2) zdecydowanie są związane z głębokością 500—700 m (80% próbek). Węgla, w których nie obserwowano zmian jakościowych na uskoku (typ 3) nie wykazują wyraźnych preferencji głębokościowych, najwięcej (29%) pochodzi z interwału 600—700 m.

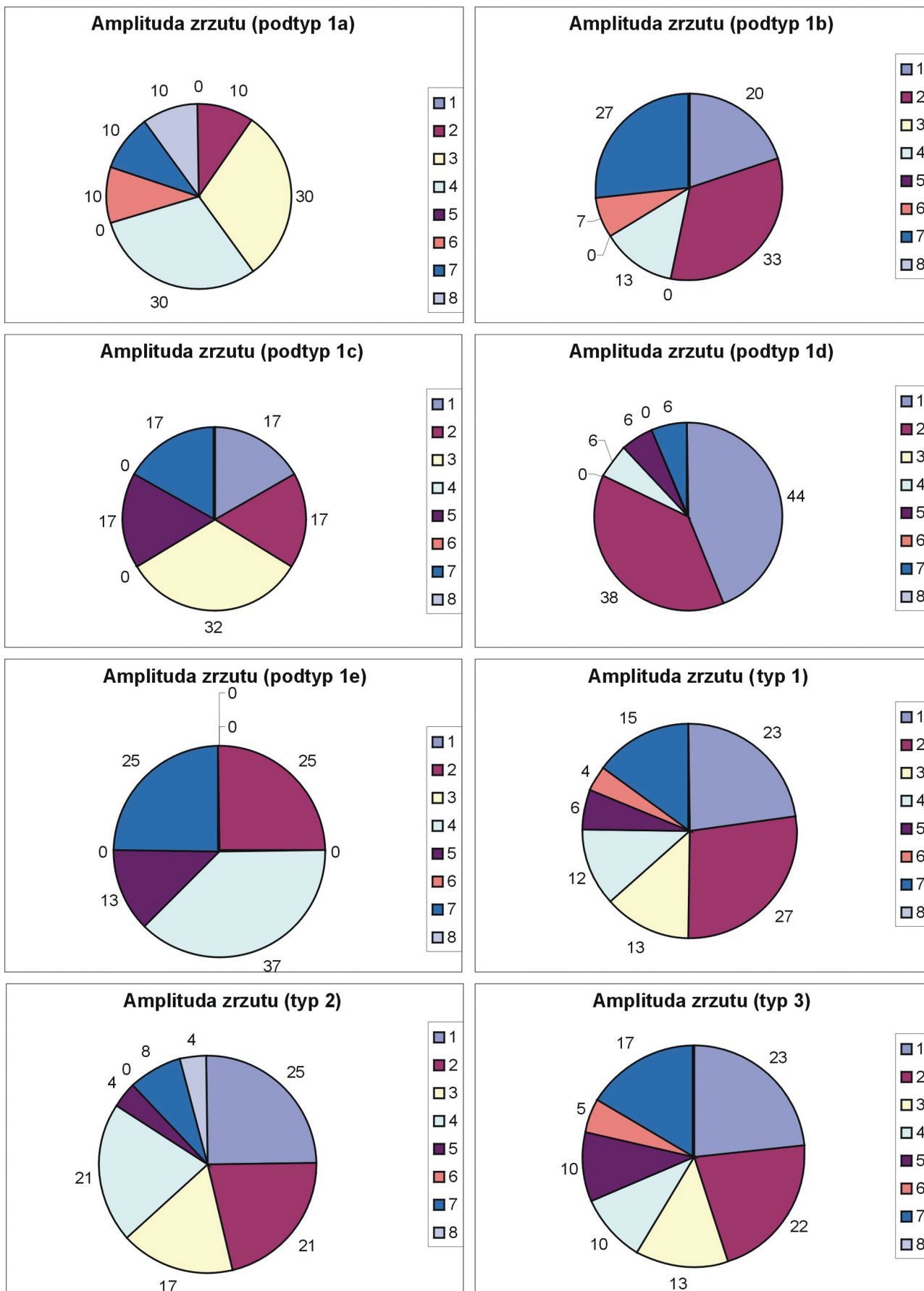
Notowane wielkości zrzutu badanych uskoków (tab. 21) wahają się od 2 m do 180 m, a więc należą do średnich i dużych (NIEĆ, 1990). Średnia wartość zrzutu dla występowania zmian wietrzeniowych wyniosła 35 m, podwyższających jakość — 32 m i bez zmian — 28 m. Zanotowano wyraźną zbieżność stopnia przeobrażenia wietrzeniowego węgla z wielkością zrzutu uskoku. Węgla najsilniej utlenione skojarzone są z uskokami dużymi, o największym zrzucie (najwyższe wartości średnie, minimalne i maksymalne odpowiednio 53 m, 25 m i 180 m), a najsłabiej zmienione z uskokami o najmniejszym zrzucie (odpowiednio 18 m, 2 m i 70 m). Potwierdzeniem tej zależności jest wysoka wartość współczynnika korelacji (0,94). Węgla wykazujące zmiany wietrzeniowe (typ 1) związane są głównie z uskokami o zrzucie od 2 m do 30 m (63% próbek), z tym że najsilniej przeobrażone (podtyp 1a) występują w rejonie uskoków o zrzucie 20—40 m (60%), a najniżej (podtyp 1d) w rejonie uskoków o zrzucie 2—20 m (82%) (rys. 50). Węgla słaboutlenione i słabozmineralizowane na powierzchni uskoku (podtyp 1c) są związane głównie z uskokami o niewielkim zrzucie 2—30 m (66% próbek), a średnia wielkość zrzutu jest zbliżona do wartości przeciętnej dla węgla przeobrażonych wietrzeniowo (36 m). Amplituda zrzutu uskoków, w których szczeliny uskoku występowały węgle zmienione termicznie i wietrzeniowo (podtyp 1e), związana jest głównie z uskokami o zrzutach 10—20 m i 30—40 m (odpowiednio 25% i 37%), przeciętnie 42 m, w rejonie których występowało polepszenie jakości węgla (typ 2), z uskokami o zrzucie 2—30 m (63% próbek), średnia 32 m, natomiast węgle niezmienione obserwowano w sąsiedztwie uskoków o zrzutach od 2 m do 180 m, najwięcej w interwale 2—30 m (58% próbek), średnio 28 m.

Stwierdzono, że w skrzydle wiszącym i zrzuconym uskoku kłodnickiego najwyższy stopień przeobrażeń wietrzeniowych sięgał 650—680 m głębokości. Szczególnie widoczne jest to w rejonie

uskoku środkowego w KWK „Wujek”. W skrzydle wiszącym (OG „Katowice-Brynów”) stopień zwietrzenia obserwowany w pokładzie 504 na głębokości około 645 m był niski i odpowiadał podtypowi 1d. W skrzydle zrzuconym uskoku kłodnickiego (OG „Stara Ligota”) na zbliżonej głębokości (680 m) notowano najwyższy stopień zwietrzenia (podtyp 1a), ale w pokładzie 405, występującym w profilu stratygraficznym około 360 m powyżej pokładu 504. Świadczy to o tym, że już we wczesnym etapie tektonogenezy tego rejonu przeobrażenia wietrzeniowe w sprzyjających warunkach osiągnęły maksymalny stopień oraz o niewielkim udziale składowej wietrzenia działającej po zerodowaniu utworów triasu, ponieważ nie doprowadziła ona do zrównania stopnia zwietrzenia. Można więc założyć, że procesy wietrzenia najintensywniej zachodziły bezpośrednio po inwersji basenu węglowego, osiągając do transgresji triasowej maksymalny stopień. Potwierdzeniem tej tezy jest zasięg występowania pokrywy triasowej w rejonie uskoku kłodnickiego (rys. 4). Późniejsze procesy degradacyjne po odmłodzeniu uskoku kłodnickiego nie odcisnęły już takiego piętna na pokładach węgla.

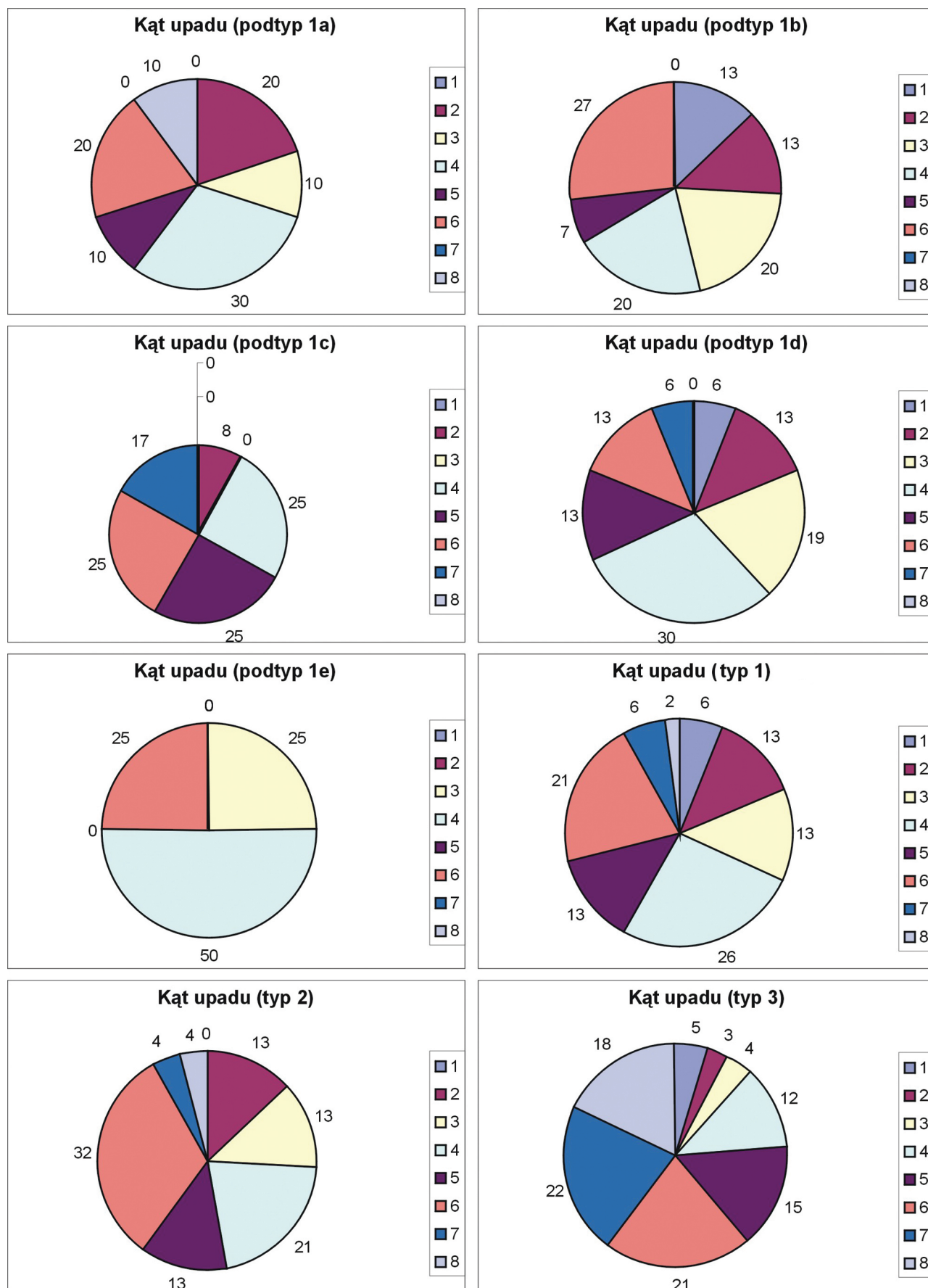
Obserwowane wielkości kątów upadu płaszczyzn uskokowych (tab. 2) mieszczą się w przedziale 60—90°, przy czym średnia dla występowania zmian wietrzeniowych wyniosła 71°, podwyższających jakość węgla 73° i bez zmian — 71°. Praktycznie brak jest zależności między wielkością kąta zapadania płaszczyzny uskokowej a stopniem przeobrażenia wietrzeniowego węgla. Współczynnik korelacji wynosi -0,04. Węgla wykazujące zmiany wietrzeniowe (rys. 51; typ 1) wiążą się przeważnie z uskokami o upadzie płaszczyzny uskokowej od 65° do 80° (60% próbek), z tym że najsilniej przeobrażone (rys. 51 — podtyp 1a) i najsłabiej przeobrażone (rys. 51 — podtyp 1d) występują w rejonie uskoków o upadzie 55—70° (co stanowi odpowiednio 60% i 62%). Węgla słaboutlenione i zmineralizowane na powierzchni uskoku (rys. 51 — podtyp 1c) są związane głównie z uskokami o kącie upadu płaszczyzny uskokowej 65—80° (75% próbek). Kąt upadu płaszczyzny uskokowej dyslokacji, w których szczeliny występowały węgle zmienione termicznie i wietrzeniowo (rys. 51 — podtyp 1e), był związany głównie z przedziałem 65—70° (50% próbek), w rejonie których występowało polepszenie jakości węgla (rys. 51; typ 2) z przedziałem 65—80° (66% próbek), natomiast węgle niezmienione (rys. 51; typ 3) z interwałem 70—90° (76% próbek).

Obserwowane średnie wielkości azymutu upadu płaszczyzn uskokowych przedstawiają projekcje na rys. 52 i 53 oraz w tab. 2. Dla uskoków z prze-



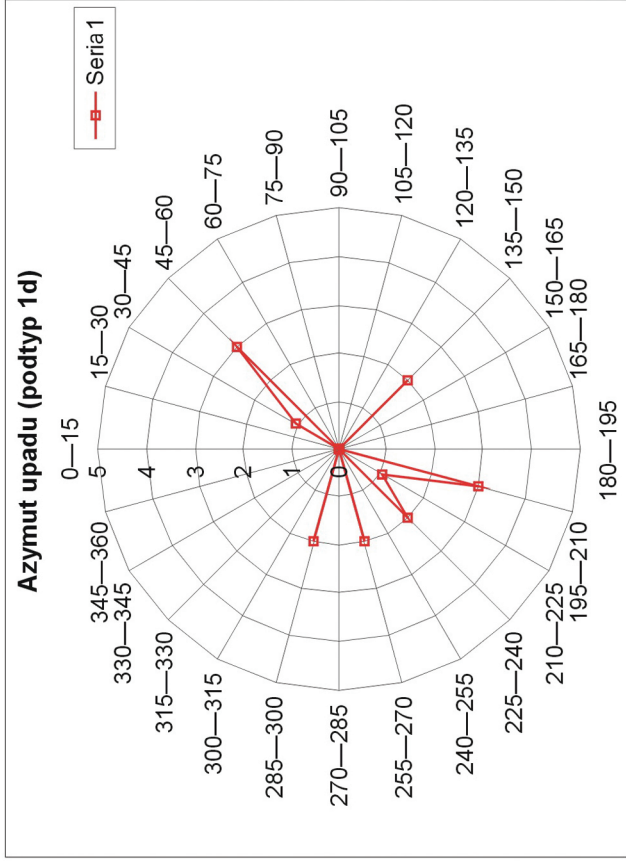
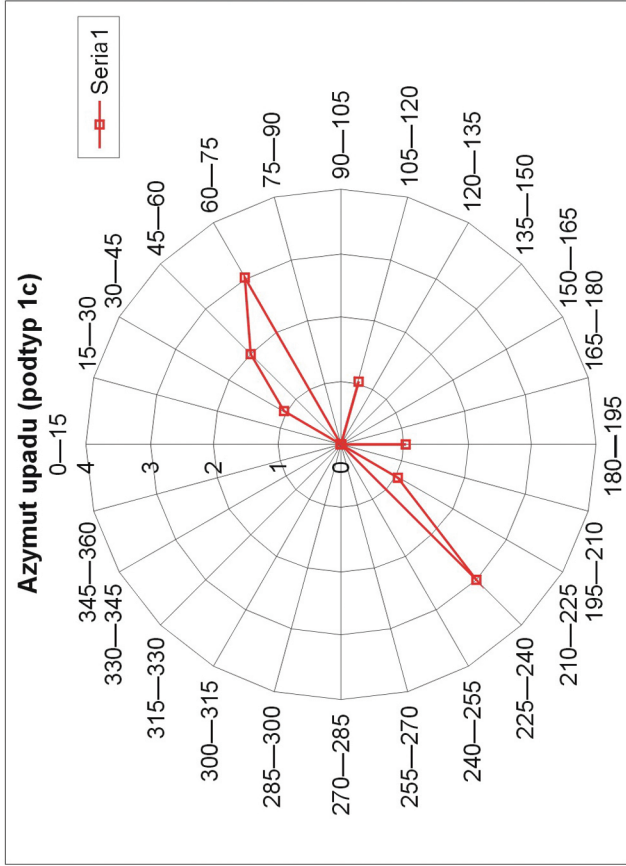
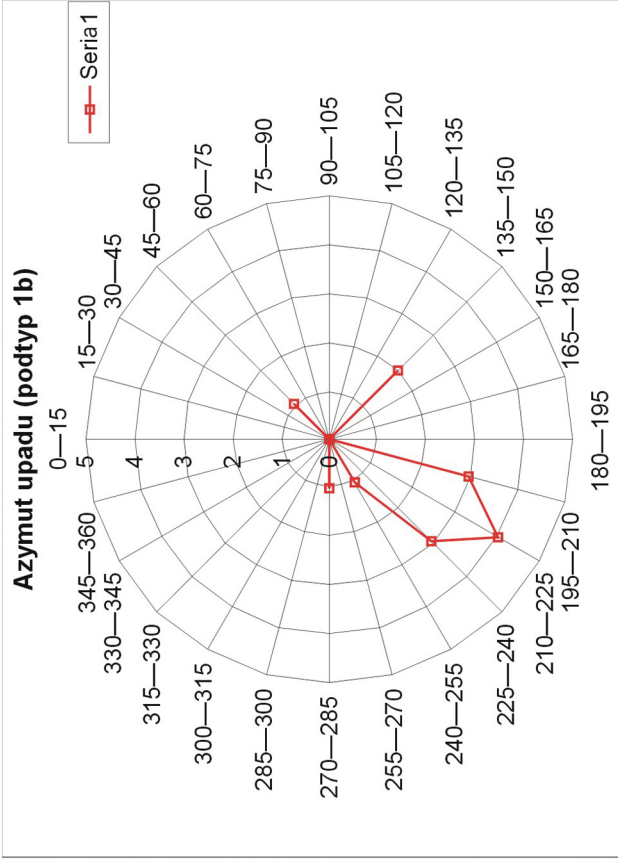
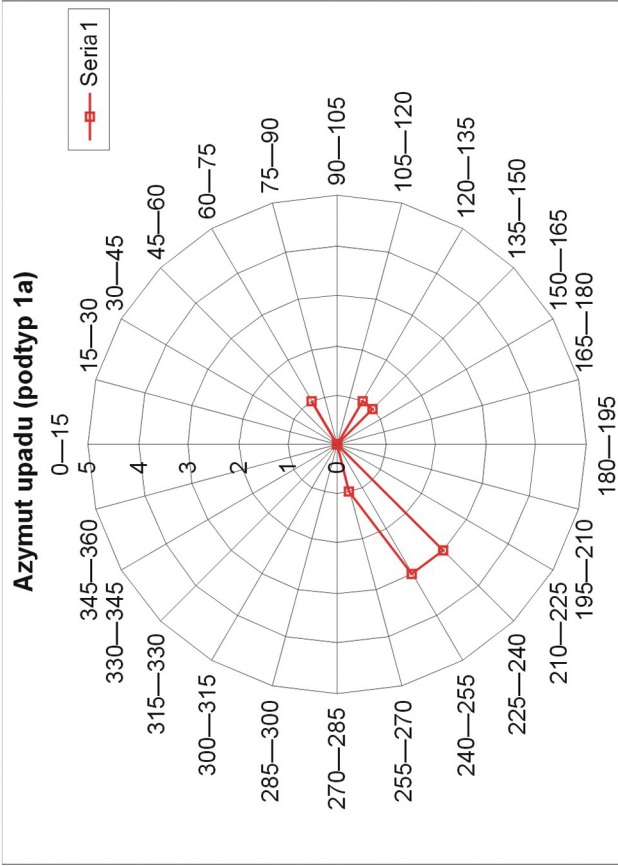
Objaśnienia: 1 = 1—10 m, 2 = 11—20 m, 3 = 21—30 m, 4 = 31—40 m, 5 = 41—50 m, 6 = 51—60 m, 7 = 61—100 m, 8 = >100 m

Rys. 50. Diagram amplitudy zrzutu badanych uskoków [%]

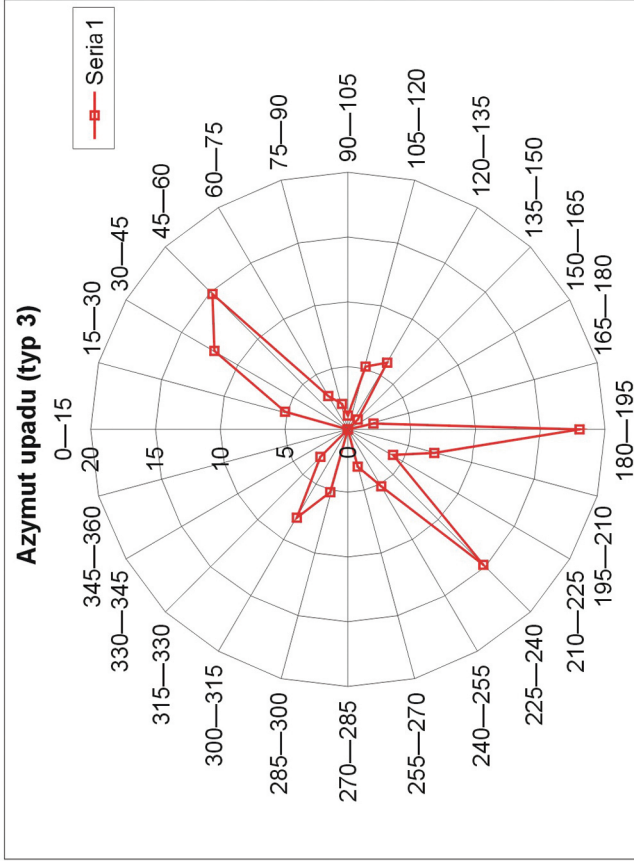
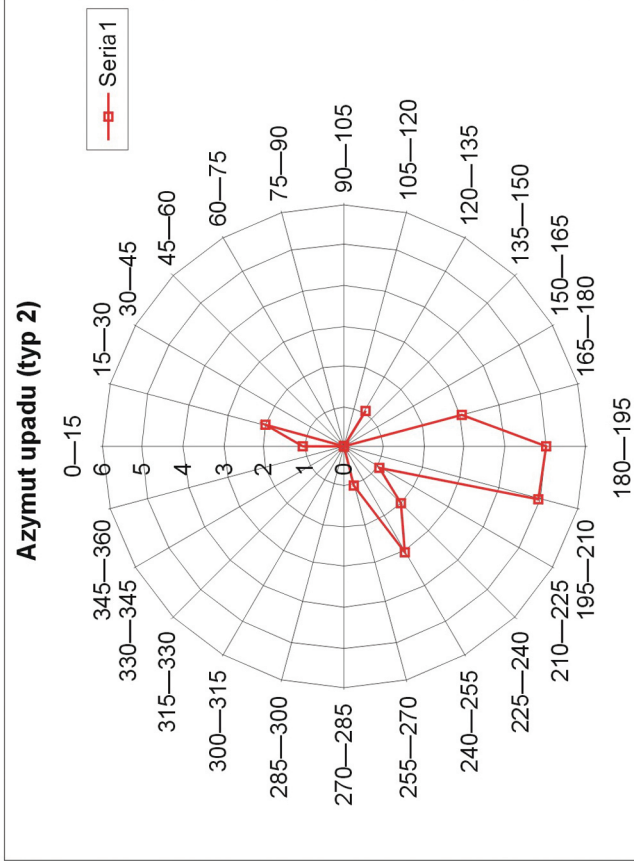
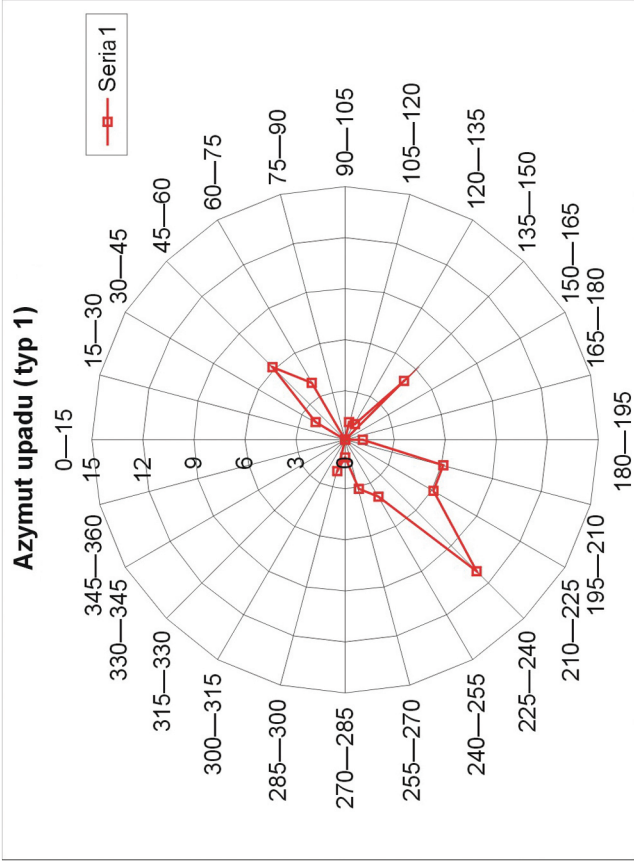
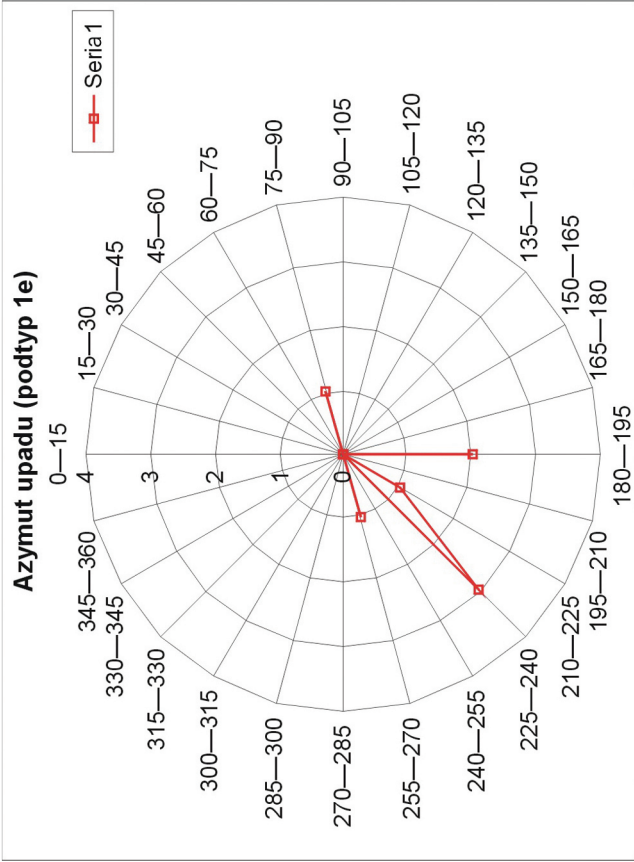


Objaśnienia: 1 = 50—55°, 2 = 56—60°, 3 = 61—65°, 4 = 66—70°, 5 = 71—75°, 6 = 76—80°, 7 = 81—85°, 8 = 86—90°

Rys. 51. Diagram wielkości kąta upadu powierzchni badanych uskoków [%]



Rys. 52. Projekcja azymutu upadu płaszczyzn uskoków w sąsiedztwie zmian wietrzniowych



Rys. 53. Projekcja azymutu upadu płaszczyzn uskoków dla wydzielonych typów zmian

wagę zmian wietrzeniowych (rys. 52, 53; typ 1) dominuje kierunek $195\text{--}225^\circ$ nad $45\text{--}75^\circ$ (odpowiednio 44% i 19% próbek). Azymuty upadu płaszczyzn uskokowych wykazujących zróżnicowane zmiany degradacyjne jakości węgla (rys. 52) dla uskoków z przemianami węgla podtypu 1a związane są przeważnie z kierunkiem $225\text{--}255^\circ$ (70%), dla podtypu 1b — z azymutem $195\text{--}240^\circ$ (67%), a dla najslabiej przeobrażonych (podtyp 1d) — z kierunkiem $195\text{--}240^\circ$ i $30\text{--}60^\circ$ (odpowiednio 38% i 25% próbek). Węgla słaboutlenione i zmineralizowane w płaszczyźnie uskokowej (podtyp 1c) są związane głównie z uskokami

o azymucie upadu płaszczyzn uskokowych $30\text{--}75^\circ$ (50%).

Azymuty upadu płaszczyzn uskoków, w których szczelinie występowały węgle zmienione termicznie i wietrzeniowo (rys. 53 — podtyp 1e), zdecydowanie związane są z kierunkiem $210\text{--}225^\circ$. Dla uskoków, w których sąsiedztwie obserwowano wzrost uwęglenia (rys. 53 — typ 2), przeważał azymut upadu $180\text{--}195^\circ$ oraz $225\text{--}255^\circ$ (odpowiednio 53% i 27% próbek), a dla uskoków, przy których nie notowano zmian jakości węgla (rys. 53 — typ 3), orientacja płaszczyzn uskokowych była zmienna, z dominacją azymutu upadu $30\text{--}60^\circ$ (22%), $180\text{--}210^\circ$ (21%) oraz $225\text{--}255^\circ$ (17%).

7. Podsumowanie wyników

Celem naukowym pracy było wykazanie związku dyslokacji uskokowych ze zmiennością wartości parametrów jakościowych węgla i zmiennością własności geomechanicznych skał w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Wyniki wieloletnich badań autora nad jakością węgla i wytrzymałością skał w strefach uskokowych wskazują na wielokierunkowe zmiany wartości charakteryzujących je parametrów. Wartości wskaźników wytrzymałościowych skał ulegają znacznemu obniżeniu na odcinku do 3—6 m, a zanikają w odległości do 11 m od powierzchni uskoku. Spadek wartości badanych parametrów wytrzymałościowych skał w miarę zbliżania się do powierzchni uskoku należy wiązać ze wzrostem spękania i zawodnienia górotworu, spowodowanym propagacją uskoku. Skokowy wzrost ich wartości w odległości od 3 m do 11 m od powierzchni uskoku, przy mniejszych amplitudach zrzutu, może sugerować, że strefa ta jest obszarem największego zruszenia skał, w której nastąpiło prawie całkowite wyładowanie energii destrukcji. Przy większych amplitudach zrzutu uskoku i wyższej wytrzymałości skał strefa destrukcji sięga na większą odległość i ma charakter ciągły. Badania prowadzone nad tym zagadnieniem w zagłębiu przez Główny Instytut Górnictwa i Politechnikę Śląską (KIDYBIŃSKI, 1982; BORECKI, CHUDEK, 1975) wykazały istnienie strefy obniżonej wytrzymałości skał karbońskich sięgającej nawet 20 m od płaszczyzny dyslokacji, z tym że strefa ogólnego osłabienia skał występuje na odcinku 0—5 m, a intensywnego spadku wytrzymałości 0—1 m od powierzchni uskoku. Obserwacje makroskopowe pokładów węgla wskazują na zaburzenia ciągłości warstw sięgające 1,5 m w głąb pokładu. Badania mikrotwardości węgla pokazują, że maleje ona do zera na odcinku 0—0,6 m, a obniżenie wartości sięga 2 m od powierzchni uskoku. Na tym odcinku obserwowano też zmiany wartości parametrów ja-

kościowych w pokładach węgla, dające w efekcie węgiel o własnościach zbliżonych do węgla obserwowanego w pokrywach zwietrzelinowych, czy na wychodniach pokładów w tzw. utworach pstrych. Wartość parametrów jakościowych węgla zmienia się zarówno w miarę wzrostu stopnia uwęglenia, jak i w miarę wzrostu stopnia utlenienia, z tym że kierunek tych zmian jest przeciwny. W strefach uskokowych obserwowano obydwa kierunki zmian jakości węgla.

Zawartość wilgoci w węglu jest zmienna i rośnie wraz z intensywnością przeobrażeń wietrzeniowych, natomiast zmniejsza się w miarę wzrostu stopnia uwęglenia i głębokości występowania pokładów (tzw. reguła Schürmanna). Obserwowany wzrost zawartości wilgoci w węglach w strefie intensywnych zmian wietrzeniowych na uskoku wahał się od 10,3% do 52,3%, a w węglach przeobrażonych wysokotemperaturowo wyniósł nawet 67,6%, podczas gdy w obszarach, gdzie zmiany hipergeniczne nie występowały, wynosił maksymalnie 5,4%. W strefie lustra tektonicznego obserwowane obniżenie zawartości wilgoci sięgało 9,4%.

Stopień zanieczyszczenia węgla substancją mineralną (zawartość popiołu) jest zmienny i zależy od budowy petrograficzno-facjalnej pokładów, nie zależy natomiast od stopnia uwęglenia. W przypadku gdy jego zawartość przekracza 50%, węgiel staje się łupkiem węglowym, a po przekroczeniu 80% traktowany jest jak skała płonna. Substancja mineralna w węglu pochodzi zarówno z materii organicznej, jak i nieorganicznej, dostarczonej do zbiornika sedymentacyjnego z obszaru alimentacyjnego. Na powierzchni uskoku, jak i w brekcji uskokowej bez względu na kierunek przemian epigenetycznych zanotowano znaczny, aczkolwiek zróżnicowany wzrost zawartości popiołu. W przypadku obserwowanych zmian wietrzeniowych mieścił się on w przedziale 35,7—143,1%, a w przypadku inten-

sywnej mineralizacji szczeliny uskokowej sięgał nawet 171,8%. W rejonie zmian wysokotemperaturowych sięgał do 197,2%, zmian na lustrze tektonicznym — do 5,5%, a w braku widocznych przeobrażeń — do 8,1%. Sumaryczna zawartość popiołu i wilgoci w węglu nazywana jest balastem. Wzrost balastu w węglu o 1% powoduje spadek jego kaloryczności o 300—360 J (GABZDYL, 1987). Maksymalny zanotowany w strefie intensywnego wietrzenia wzrost balastu wynosił 36,6% (wartość maksymalna minus minimalna), średni był równy 13,9% (różnica wartości średniej w strefie przyuskokowej i poza nią) (tabela 6), co daje obniżenie kaloryczności odpowiednio o około 11 MJ/kg i 4,2 MJ/kg.

Części lotne stanowią tę część masy węgla, która podczas ogrzewania bez dostępu powietrza przechodzi w stan gazowy. Ich ilość, zwłaszcza w węglu kamiennym, może być wskaźnikiem stopnia uwęglenia, ponieważ stwierdzono liniowy spadek ich zawartości z głębokością występowania pokładów węgla (tzw. reguła Hilta). W procesach degradacji wietrzeniowej, w początkowej fazie utleniania, obserwowano nieznaczny spadek, a następnie, w miarę wzrostu stopnia przeobrażenia, wzrost ich zawartości. W strefie uskokowej w węglu intensywnie przeobrażonym wietrzeniowo obserwowano wzrost zawartości części lotnych średnio od 11,8% do 28,8%, a w węglu słaboutlenionym spadek wynosi średnio 3,4—5,7%. W węglu poddanym działaniu wysokich temperatur zawartość części lotnych wahała się od 4,1% do 13,2%, spadek zaś ich zawartości w stosunku do węgla niezmiennych termicznie wyniósł średnio 73,3%. Również w rejonie lustra tektonicznego i w strefach uskokowych, w których nie występowały zmiany epigenetyczne, obserwowano obniżenie zawartości części lotnych średnio odpowiednio o 15,6% i 8,9%.

Ciepło spalania określa wartość kaloryczną węgla, a zależy od jego składu elementarnego, głównie zawartości węgla i wodoru. Jest ono ważnym wskaźnikiem klasyfikacyjnym, szczególnie dla węgla niskouwęglonych, w których równomiernie wzrasta wraz z karbonifikacją. Od węgla chudego następuje szybki spadek zawartości wodoru, co powoduje obniżenie wartości ciepła spalania. Jest ono jednocześnie czułym wskaźnikiem przemian degradacyjnych, ponieważ jego wartość obniża się już przy niewielkim stopniu utlenienia węgla. W strefach uskokowych objętych przemianami wietrzeniowymi, niezależnie od stopnia przeobrażenia, odnotowano spadek wartości ciepła spalania średnio od 4,2% do 26%. Węgiel poddany działaniu wysokich temperatur wykazywał wartość tego parametru od 22,7 MJ/kg do 32,4 MJ/kg, przy czym obniżenie wartości w stosunku do węgla niezmiennych wy-

niosło średnio 18,5%. W rejonie uskoków, gdzie nie występowały zmiany wietrzeniowe, również notowano niewielkie obniżenie kaloryczności, średnio o 6,6%. Na powierzchniach uskokowych, wzdłuż których następował tylko poślizg, wzrosła wartość omawianego parametru średnio o 3,5%.

Elementarnymi składnikami węgla kamiennego są pierwiastki: węgiel, wodór, azot, tlen i siarka, stanowiące główne składniki masy organicznej. Ich zawartość w węglu jest zmienna i zależy od stopnia uwęglenia oraz zmian epigenetycznych. Wykorzystuje się je do ogólnej klasyfikacji węgla i innych paliw kopalnych.

Azot występujący w węglu pochodzi głównie z białek roślin węglotwórczych, a jego zawartość zależy od rodzaju wyjściowego materiału fitogenicznego, a więc składu petrograficznego węgla. W niewielkim stopniu zależy od stopnia uwęglenia, a poglądy na kierunek zmian jego zawartości są zróżnicowane. Jedni autorzy twierdzą, że zawartość azotu wyraźnie maleje wraz z uwęgleniem (WNEKOWSKA, 1955), a inni (BOUDOU *et al.*, 1984), że w niewielkim stopniu wzrasta aż do węgli wysokouwęglonych, a następnie znacznie się obniża do antracytów. W procesach degradacyjnych nie opisywano zmienności jego zawartości lub przyjmowano, że zmienność ta nie występuje (WASILEWSKI, KOBEL-NAJZAREK, 1973; GABZDYL, 1987). W strefach uskokowych objętych przeobrażeniami wietrzeniowymi zawartość azotu wykazuje nieznaczną, ale zróżnicowaną zmienność, wzrastając w miarę wzrostu stopnia zwietrzenia średnio o 0,66% do 6,2%, a w przypadku nieznacznych przeobrażeń i mineralizacji szczeliny uskokowej obniża się średnio o 2%, podobnie jak w przypadku zmian na lustrze tektonicznym. W razie zmian wysokotemperaturowych jego zawartość obniża się średnio o 14,7%, w strefach niezmiennych zaś minimalnie wzrasta — o 0,7%. Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że zmienność zawartości tego pierwiastka w procesach wietrzeniowych jest nieznaczna i wykazuje tendencję wzrostową, co może mieć związek z wodami infiltracyjnymi, prowadzącymi głównie rozpuszczone w nich związki tlenu i azotu. W przemianach wysokotemperaturowych potwierdza się spadek jego zawartości, podobnie jak w procesie koksowania, co można by wiązać ze znaczną emisją części lotnych.

Zawartość tlenu w węglu stanowi istotny parametr określający stopień jego przeobrażenia, ponieważ jest odwrotnie proporcjonalna do stopnia uwęglenia i wprost proporcjonalna do stopnia utlenienia. Zmiana zawartości tlenu pociąga za sobą zmiany ciepła spalania i gęstości. Prace eksperymentalne wykazały, że podwyższenie zawartości tlenu w węglu o 1% powoduje spadek ciepła spala-

nia o 0,55 MJ/kg i wzrost gęstości o 0,0133 Mg/m³ (WASILEWSKI, KOBEL-NAJZAREK, 1973). W strefach uskokowych, w węglach intensywnie przeobrażonych wietrzeniowo, obserwowano wzrost zawartości tlenu średnio o 27,5—134,8%. Z przedstawionych danych (tab. 6) wynika, że maksymalny spadek kaloryczności wynosi 11 MJ/kg, a wzrost gęstości 0,5 Mg/m³ (różnica pomiędzy wartością maksymalną a minimalną). Uwzględniając różnicę pomiędzy maksymalną i minimalną oraz średnimi zawartościami tlenu w strefach o najwyższym stopniu zwietrzenia (odpowiednio wzrost o 24,6% i 12,4%), otrzymujemy obniżenie wartości ciepła spalania o 13,5 MJ/kg i 6,8 MJ/kg, przy wzroście gęstości rzeczywistej o 0,33 Mg/m³ i 0,16 Mg/m³. W węglach poddanych działaniu wysokich temperatur zawartość tlenu była niska i wahała się od 2,6% do 6,8%, jego zawartość obniżyła się o 47,3%. W rejonie lustra tektonicznego obserwowano obniżenie zawartości tlenu średnio o 10,2%. W strefach uskokowych, w których nie występowały zmiany epigenetyczne, notowano minimalny wzrost jego zawartości średnio o 2,2%.

Zawartość pierwiastka węgla w kaustobiolitach stałych jest podstawowym wskaźnikiem klasyfikacji genetycznej, ponieważ w miarę równomiernie rośnie — od torfu po antracyt i grafit. W procesach degradacji jego zawartość w niewielkim stopniu, ale również w miarę jednostajnie, obniża się. W sąsiedztwie dyslokacji, obejmujących strefy pokładów węgla intensywnie przeobrażonych wietrzeniowo, obserwowano spadek zawartości węgla pierwiastkowego średnio o 2,9—16,6%. W węglach poddanych działaniu wysokich temperatur przeciwnie, jego zawartość w stosunku do węgla niezmiennych termicznie rosła średnio o 10,4%, przy czym zawartość pierwiastka wahała się od 88,7% do 93,1%. Podobnie niewielki wzrost zawartości pierwiastka węgla obserwowano w rejonie lustra tektonicznego — średnio o 1,3%. W strefach uskokowych, w których nie występowały zmiany epigenetyczne, widoczny był minimalny spadek jego zawartości — średnio o 3%.

Ilość wodoru w węglu jest zmienna i w dużej mierze zależy od rodzaju wyjściowego materiału fitogenicznego, a w efekcie składu petrograficznego węgla i jego genezy. Jest znacznie wyższa w węglach sapropelowych niż humusowych. Badane węgle były humolitami. Zawartość wodoru w procesie uwęglania w niewielkim stopniu ulega obniżeniu, a w węglach kamiennych mieści się w przedziale 1,5—5,8%, z maksimum przypadającym na węgle gazowe. Natomiast zmiany obserwowane w strefach uskokowych wskazują na bardzo zróżnicowany spadek zawartości wodoru niezależnie od kierunku przemian. W strefach utleniania, w związku z in-

tensywnością przemian, obniżenie jego zawartości wynosi średnio 2—30%, na lustrze tektonicznym 7,8%, w węglach poddanych wysokotemperaturowym zmianom — 75,1%, a w strefach uznanych za niezmiennione — 2,7%.

Siarka (całkowita) stanowi składnik substancji mineralnej występującej w węglu, a jej obecność jest związana zarówno z substancją fitogeniczną (siarka organiczna), jak i z substancją mineralną (siarka nieorganiczna). Ta ostatnia (w pewnym uproszczeniu) występuje w węglu głównie w postaci siarczków jako siarka pirytowa, rzadziej, i w nieznacznej ilości, w postaci siarczanów jako siarka siarczanowa. Ilość siarki całkowitej (średnio dla GZW 1,24%) i zmienność jej zawartości w węglu nie zależy od stopnia uwęglania, natomiast zależy od warunków sedymentacji w torfowisku oraz, w dużej mierze, od przemian epigenetycznych, w tym również wietrzeniowych. Właśnie podwyższenie zawartości siarki siarczanowej wskazuje na silne przeobrażenia degradacyjne węgla. Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że w węglach stref uskokowych przeobrażonych wietrzeniowo całkowita ilość siarki obniżyła się średnio o 9,6—31,6%, zawartość siarki pirytovej spadła średnio o 13,5—36,3%, a siarki siarczanowej wzrosła średnio aż o 400% do 600%. W przypadku epigenetycznej mineralizacji szczeliny uskokowej zawartość siarki całkowitej wzrosła o 192,3%, pirytovej o 823,5%, a siarczanowej o 600%. Prawdopodobnie źródło siarki było zlokalizowane w utworach nadkładu, a jej migracja wzdłuż szczelin uskokowych odbywała się za sprawą descenzyjnych roztworów mineralnych. Znaczny wzrost zawartości siarki siarczanowej może świadczyć o poprzedzającym mineralizację szczeliny uskokowej etapie utleniania węgla, co potwierdzają wartości innych parametrów. W węglach nietypowych poddanych działaniu wysokich temperatur zawartość siarki całkowitej obniżyła się średnio o 25,5%, siarki pirytovej wzrosła o 100%, a siarczanowej o 120%. W tym przypadku uzyskane dane mogą być mylące, ponieważ, jak wskazują badania petrograficzne, w skład tych węgla wchodziły, oprócz zmienionych termicznie, również węgle przeobrażone wietrzeniowo i niezmiennione. W rejonie lustra tektonicznego na powierzchni uskokowej zmiany zawartości siarki były niewielkie, ilość siarki całkowitej nieznacznie wzrosła — o 1,2%, pirytovej obniżyła się o 3,1%, a siarczanowej nie wykazała zmian. W rejonie uskoków, gdzie węgle nie wykazywały zmian, ilość siarki całkowitej wzrosła o 8,2%, pirytovej o 3,6%, a siarczanowej nie wykazywała znaczących zmian.

Bardzo ważną własnością węgla kamiennego, ze względu na sposób jego użytkowania, jest możliwość tworzenia koksu. Jego jakość zależy od stop-

nia uwęglania i składu petrograficznego węgla (ilości macerałów inertnych). W procesie uwęglania maksimum tych własności przypada na węgle orto- i metakoksowe. Węgłe zarówno niżej, jak i wyżej uwęglone tych własności nie mają lub są one w znacznym stopniu zredukowane. W procesie utleniania wskaźniki własności koksowniczych należą do najczulszych. Wzrost zawartości tlenu o 1% w węglu koksowym może spowodować znaczny spadek wartości dylatacji (ze 145% do 0%) i wskaźnika wolnego wydymania (do koksi-ku nr 1), przy niezmiennych wartościach innych wskaźników (WASILEWSKI, KOBEL-NAJZAREK, 1973). W. GABZDYL (1987) stwierdza, że najbardziej czuła na utlenianie jest spiekalność, która może zaniknąć już we wczesnym stadium wietrzenia węgla. Zmiany własności koksowniczych węgla (spiekalność, wskaźnik wolnego wydymania i własności dylatometryczne) w strefach uskokowych wykazywały duże zróżnicowanie, redukcję wartości aż do zaniku w strefach zmian wysokości i niskotemperaturowych oraz zawężenie przedziału plastyczności (tylko dla podtypu 1a i 1b), wzrost na lustrze tektonicznym i niewielkie wahania wartości w strefach nie wykazujących zmian. Skala i zasięg przemian hipergenicznych w strefach uskokowych wskazują, że istotnie spiekalność i własności dylatometryczne są parametrami najbardziej czułymi na bodźce zewnętrzne. Potwierdzeniem jest znacząca poprawa własności koksowniczych na lustrze tektonicznym (wzrost spiekalności o 35,5% i kontrakcji o 60%).

Z grona wskaźników fizycznych zmiany jakości węgla najwierniej opisuje zdolność odbicia światła, czyli refleksyjność witrynu. W obecnie obowiązujących klasyfikacjach genetycznych i technologicznych węgla kamiennego jest ona głównym wskaźnikiem, ponieważ zmienia swą wartość wprost proporcjonalnie do stopnia uwęglania. W procesach hipergenicznych obserwowana zmienność refleksyjności była zróżnicowana. W początkowym etapie utleniania, w bezpośredniej bliskości uskoku, refleksyjność witrynu nie wykazywała znaczących zmian, co obserwowano dla podtypu 1d oraz w rejonie uskoku nie wykazujących zmian wietrzeniowych (wzrost odpowiednio o 3,8% i 3,9%). W miarę dalszego rozwoju procesu utleniania następował wzrost refleksyjności o 5,3% (podtyp 1c) i o 6,8% (podtyp 1b). Dopiero intensywne wietrzenie powodowało obniżenie refleksyjności o 12,3% (podtyp 1a). Również w tym przypadku widoczny był początkowy wzrost refleksyjności zachowany w odległości do około 1 m od powierzchni uskoku (rys. 24 — podtyp 1a). W przypadku lustra tektonicznego również notowano nieznaczny wzrost wskaźnika odbicia światła

witrynu (o 3,9%). Węgłe nietypowe charakteryzuje zróżnicowanie, ale generalnie znaczny wzrost refleksyjności, przy czym najniższą refleksyjność wykazywał węgiel niezmienny i utleniony w niewielkim stopniu (0,61—1,11%), nieco wyższą węgiel zwiertzały (0,7—1,22%) i najwyższą węgiel poddany działaniu wysokich temperatur, skoksowany (2,7—10,2%).

Na gęstość rzeczywistą węgla wpływa jego skład petrograficzny, stopień uwęglania i zawartość substancji mineralnej. Gęstość rośnie wraz ze stopniem uwęglania i mineralizacji, a wśród węgli kamiennych najniższą jej wartość wykazują węgle gazowe i gazowo-koksowe. W strefach uskokowych generalnie obserwuje się wzrost gęstości, co jest efektem głównie wzrostu ilości substancji nieorganicznej w węglu. Obliczono, że wzrost zawartości popiołu o 10% pociąga za sobą wzrost gęstości o 0,1 Mg/m³ (GABZDYL, 1987). Zawartość popiołu maksymalnie wzrosła o około 30%, co daje wzrost gęstości o 0,3 Mg/m³, natomiast realnie obserwowany wzrost gęstości wyniósł 0,5 Mg/m³. Gęstość rzeczywista węgla rosła wraz z intensywnością przeobrażeń wietrzeniowych (o od 2,2% do 10,5%), z tym że najwyższy wzrost (o 39,2%) związany był z mineralizacją szczeliny uskokowej. W rejonie lustra tektonicznego wzrost gęstości wyniósł 2,2%, a w rejonie uskoku, gdzie nie obserwowano zmian wietrzeniowych — 6%. W węglach przeobrażonych termicznie obserwowano zróżnicowany wzrost średniej gęstości (o 18,2%), wyraźnie zależny od ilości substancji mineralnej.

Mikrotwardość węgla oznacza się na zgładach pod mikroskopem, podobnie jak refleksyjność w witrynie. W zależności od zawartości pierwiastka węgla wyróżnia się twardość kruchą (przy zawartości 88—92% C), plastyczną (<88% C) i sprężystą (>92% C) węgla. W szeregu uwęglania jej wartość generalnie rośnie — od węgli brunatnych do antracytów — z niewielkim obniżeniem na etapie węgli koksowych. W procesie utleniania parametr ten początkowo nieznacznie rośnie, a w miarę postępu procesów hipergenicznych spada aż do zera (GABZDYL, 1987). Mierzona w strefach uskokowych mikrotwardość węgla była twardością plastyczną i we wszystkich przypadkach wykazywała zróżnicowany spadek wartości. Wydaje się, że jest to związane ze skatylazowaniem i mylonityzacją węgla w trakcie generacji uskoku, ponieważ przy niewielkim utlenieniu obserwowano wzrost mikrotwardości witrynu. Potwierdzeniem tego jest nieznaczny wzrost mikrotwardości widoczny na wykresach dla najmniej utlenionych węgli (podtyp 1c i 1d) oraz w strefie przejściowej do węgli niezmiennych (podtyp 1a—1b). W strefach najsilniej przeobrażonych wietrzeniowo i termicznie nie

udało się zmierzyć tej wartości ze względu na zniszczenie struktury węgla. W zależności od intensywności przeobrażeń hipergenicznych miękkość w strefach uskokowych silnie przeobrażonych wietrzeniowo uległa obniżeniu średnio o 23,3—60,7%, a słaboutlenionych (podtyp 1d) wzrosła średnio o 16,9%. W strefie lustra tektonicznego i niezmienionej wietrzeniowo przeciętny spadek wartości omawianego parametru wyniósł odpowiednio 6,1% i 5,2%.

Mikrospeknięcia w węglu pojawiają się w czasie jego przeobrażeń hipergenicznych (wyłączając klimat endogeniczny), a stopień spękania i liczba spękanych ziaren węgla jest jednym z ważniejszych parametrów badanych pod mikroskopem w celu określenia stopnia jego utlenienia. W warunkach niskotemperaturowego utleniania (<425 K) w węglu pojawiają się mikroszczeliny i mikropory. Utlenianie w wysokich temperaturach (>425 K) powoduje intensyfikację spękań prowadzącą do dezintegracji ziarnowej i pojawienia się wokół nich utlenionych obwódek o podwyższonej refleksyjności. W sąsiedztwie powierzchni uskokowych, wzdłuż których zachodziło utlenianie, stopień spękania był wysoki, prowadząc nawet do utraty spójności węgla. Wzrost stopnia spękania w stosunku do strefy niezmienionej, w zależności od zaawansowania procesu utleniania, wynosił średnio 121,6—359,1%, a w węglach przeobrażonych termicznie 855,3%. W strefie lustra tektonicznego i niezmienionej wietrzeniowo przeciętny wzrost omawianego parametru wyniósł odpowiednio 2,4% i 8,8%.

Zmiany składu petrograficznego węgla określono na podstawie grup macerałów. Witrynit w węglu, niezależnie od stopnia uwęglania, jest najbardziej podatny na utlenianie. Jego zawartość w strefach przyuskokowych, w zależności od intensywności przeobrażeń wietrzeniowych, rośnie średnio o 9,1—24,2%, natomiast w węglach zmienionych termicznie zawartość nieprzeobrażonych macerałów grupy witrynit znacznie się obniżyła, nawet o 76,5%, średnio o 12,2%. Ponadto pojawił się witrynit zmieniony w ilości od 5% do 17%, przeciętnie 7,5%. Na lustrze tektonicznym ilość witrynit wzrosła o 2%, a w węglach niezmienionych obniżyła się o 9,2%.

Macerały grupy liptynitów generalnie przyczyniają się do wzrostu zwięzłości i wytrzymałości węgla. Przy zawartości części lotnych mniejszej niż 28% nie są wyróżnialne (ulegają witrynitacji). Przeciwdziałają tworzeniu się szczelin i spękań w węglu. Liptynit utlenia się bardzo trudno i nie wykazuje skłonności do samozapalenia. Pomimo tego w strefach wietrzenia węgla w bezpośredniej bliskości uskoku, jego ilość uległa redukcji do zera, średnio o 40—93,7%, podobnie jak w węglach

zmienionych termicznie, gdzie spadek sięgał 94,4%, a średnia jego zawartość wyniosła 0,5%. W rejonie lustra tektonicznego zawartość liptynitów średnio obniżyła się o 4,5%, a w strefach nieobjętych procesami hipergenicznymi wzrosła o 4,1%.

Macerały grupy inertynitów w procesie uwęglania są zazwyczaj stabilne lub podlegają tylko niewielkim zmianom. Są one niereaktywne chemicznie, czyli inertne w całym zakresie uwęglania. Wykazują największą stabilność własności technologicznych oraz brak własności koksowniczych, wpływając schudniająco na masę koksotwórczą. Inertynit nie wykazuje tendencji do samozapalenia i jest w dużym stopniu odporny na utlenianie. Wykazuje wysoką pojemność sorpcyjną, stanowiąc zbiornik dla metanu pokładów węgla. W strefach uskokowych przeobrażonych wietrzeniowo i termicznie zawartość inertynitów spadła średnio odpowiednio o 35,3—69,4% oraz o 84,1%. W strefie lustra tektonicznego obniżyła się o 3,4%, a w strefach nieutlenionych o 2,6%.

Ilość substancji mineralnej w węglu w strefach uskokowych, niezależnie od kierunku przemian, rośnie w stosunku do obszaru spoza tej strefy. Najwyraźniej widać to w strefach wietrzenia i przeobrażeń termicznych, gdzie jej ilość wzrosła średnio odpowiednio o 45—82,6% oraz o 171,2%. W strefie lustra tektonicznego i niezmienionej wzrosła nieznacznie, średnio odpowiednio o 5,3% i 5,6%.

Ze względu na skład petrograficzny w węglu zmienionym termicznie wyróżnia się masę zasadniczą, składniki pierwotne oraz składniki wtórne (KWIECIŃSKA, PETERSEN, 2004). Wyróżnienie ich podczas badań stanowiło duży problem, ponieważ próbki tworzyły mieszaninę węgla niezmienionych oraz przeobrażonych termicznie i wietrzeniowo. Masę zasadniczą stanowił głównie zmieniony witrynit, czyli koksik. W zakresie temperatur 575—775 K grupa witrynitów i liptynitów przechodziła już głębokie przeobrażenia. Powyżej tej temperatury grupa witrynitów i liptynitów daje koks o strukturze mozaikowej. Poniżej 775 K struktura mozaikowa jeszcze się nie tworzy, a powstaje faza pośrednia (mezofaza) w postaci ziarnistej, witrynitopodobnej, porowatej masy. Koksy takie charakteryzują się dużą ilością porów i pęcherzyków gazowych pustych lub wypełnionych minerałami, a niekiedy wtórną substancją węglową, powstałą ze składników lotnych. Pierwotna pasemkowość węgla może być jeszcze zauważalna mimo przejścia witrynitów w stan plastyczny. Składniki pierwotne stanowią głównie macerały grupy inertynitów o własnościach jak w węglach niezmienionych oraz niektóre minerały. Grupa inertynitowa pozostaje niezmienną do 575 K, a powyżej tej temperatury za-

chodzą w niej tylko nieznaczne zmiany. Pozostaje w dalszym ciągu izotropowa. Składniki wtórne (tzw. nowotwory) tworzą składniki organiczne o wysokiej zawartości pierwiastka węgla i niektóre składniki mineralne. W temperaturze >575 K, przy braku dostępu tlenu, niektóre składniki węgla przechodzą w stan lotny lub ciekły. Chłodząc się, tworzą żywicopodobne stałe substancje bitumiczne lub naturalny pak. Substancje te wypełniają pory i szczeliny w bardziej chłodnych partiach pokładów węgla lub skał. Do nowo utworzonych składników zalicza się tzw. grafit gazowy, naturalny pak i węgiel pirolityczny. W badanych próbkach składniki te nie zachowały się, ulegając destrukcji na skutek transportu lub spalania.

Metodą spektroskopii w podczerwieni oceniono tendencje zmian zawartości charakterystycznych ugrupowań strukturalnych węgla w funkcji odległości od uskoku. Do tego celu wykorzystano pasma ugrupowań alifatycznych, aromatycznych i tlenowych. Intensywność, czyli absorbcję pasm wiązań tlenowych, alifatycznych i aromatycznych można pośrednio odczytać z widma węgla w podczerwieni.

Wyniki uzyskane dla węgla w rejonie uskoków o przeważającej degradacji wietrzeniowej wskazują, że absorbcja badanych pasm połączeń tlenowych była wysoka i rosła na odcinku do 0,8 m od uskoku. Absorbcja analizowanych pasm ugrupowań alifatycznych i niektórych pasm aromatycznych (3030 cm^{-1} i 1600 cm^{-1}) zdecydowanie obniżała się na odcinku 1,5 m od uskoku, a pasm w zakresie liczb falowych $860\text{—}700\text{ cm}^{-1}$ nie wykazała wyraźnej tendencji zmienności. Ilorazy absorbcji pasm tlenowych do alifatycznych i aromatycznych oraz alifatycznych do aromatycznych mają większą wagę dla określenia tendencji zmian w strukturze węgla niż pojedyncze pasma. Ich wartości w strefach wietrzenia wyraźnie rosły w miarę zbliżania się do uskoku. Tendencja ta była najbardziej widoczna w odniesieniu do stosunku absorbcji pasm tlenowych do aromatycznych oraz tlenowych do alifatycznych, mniej wyraźna dla ilorazów absorbcji pasm alifatycznych do aromatycznych. Intensywność ilorazu absorbcji pasm alifatycznych do aromatycznych oraz tlenowych do aromatycznych wykazała zmienny charakter w strefach zarówno silnego, jak i słabego wietrzenia.

W obszarze lustra tektonicznego obniżenie intensywności wykazało jedynie pasmo połączeń tlenowych przy liczbie falowej 3300 cm^{-1} , absorbcja pozostałych badanych pasm połączeń tlenowych i alifatycznych ma raczej charakter losowy. Znaczący wzrost absorbcji obserwowano dla pasm połączeń aromatycznych. Ponadto w rejonie lustra tektonicznego wystąpił niewielki spadek war-

tości stosunku absorbcji pasm tlenowych do aromatycznych oraz alifatycznych do aromatycznych. Może to wynikać z faktu, że intensywność tych pasm rośnie wraz ze stopniem uwęglenia, co potwierdza wzrost ich absorbcji w bliskości lustra tektonicznego. Wzrost intensywności tych pasm z uwęgleniem wskazuje na wzrost liczby układów aromatycznych oraz wyraźny spadek zawartości tlenu wbudowanego w węgiel (JOHN *et al.*, 1980).

Podsumowując, można stwierdzić, że tendencja zmian strukturalnych węgla ze stref uskokowych bardziej i mniej przeobrażonych wietrzeniowo jest podobna, różni się tylko gradientem zmian. Obszar zmienności nie przekracza odcinka 1,5 m od uskoku. W strefach tych występuje spadek absorbcji badanych pasm alifatycznych i niektórych aromatycznych oraz wzrost intensywności pasm tlenowych. Podobnie rośnie wartość stosunku absorbcji pasm alifatycznych i tlenowych względem aromatycznych. Zmiany te wskazują na utleniający charakter zachodzących przeobrażeń w strukturze węgla. Wyniki potwierdzają badania laboratoryjne (TARABA *et al.*, 1995; SÝKOROVÁ *et al.*, 1996). W przypadku stref uskokowych, gdzie na powierzchni uskoku występowało lustro tektoniczne, obserwowane zależności zwykle mają przeciwny charakter, ale są mniej zdecydowane. Obszar ich występowania jest ograniczony do powierzchni uskoku (0—0,2 m). Spadek ilości ugrupowań tlenowych oraz wzrost aromatyczności węgla wskazują na intensyfikację stopnia uwęglenia zachodzącego pod wpływem ciepła generowanego tarcie podczas propagacji uskoku, a więc ma miejsce tutaj metamorfizm frykcyjny (SCHOLZ *et al.*, 1979). Mniejsza intensywność tych zmian w stosunku do zmian wynikających z utleniania jest obserwowana również w przypadku zmian własności chemicznych i technologicznych węgla.

Z przeprowadzonej analizy związków parametrów geometrycznych badanych uskoków z kierunkiem i stopniem zmian zachodzących w pokładach węgla wynikają pewne prawidłowości. Intensywność przeobrażeń degradacyjnych wyraźnie obniża się z głębokością i zdecydowanie rośnie z amplitudą zrzutu uskoku. W niewielkim stopniu obniża się ze wzrostem kąta upadu płaszczyzny nieciągłości. A więc im większy był zrzut uskoku, im bliżej powierzchni występował pokład, tym przeobrażenia węgla były większe. Wyniki te potwierdzają obserwacje hydrogeologiczne wskazujące, że uskoki o dużych zrzutach i otwartych szczelinach mogą stanowić drogi migracji wód i gazów, w tym również tlenu powodującego wietrzenie (RÓŻKOWSKI, 2004). Hipergeniczne przemiany węgla obserwowano przede wszystkim w rejonie uskoków o dominującym kierunku biegu NW-SE i NE-SW,

z przeważającym kierunkiem zrzutu na SW. Jednocześnie z uskokami o zbliżonym do południkowego kierunku biegu obserwowano strefy znacznego odgazowania górotworu świadczące o drożności tych dyslokacji. Wraz ze spadkiem intensywności przeobrażeń bieg uskoków ewoluował w kierunku WNW-ESE. Średnie wartości głębokości występowania uskoków o niskim stopniu utlenienia węgla i mineralizacji szczeliny uskokowej (podtyp 1c) nie były duże, kąty upadu największe, a amplitudy zrzutu niewielkie. Ich bieg był zbliżony do diagonalnego, z tym że przeważał NE kierunek zrzutu. Cechą charakterystyczną uskoków podtypu 1c jest to, że były bezpośrednio związane ze strefami występowania dyslokacji o dużych amplitudach zrzutu, a zmniejszenie prędkości przepływu roztworów w ich obrębie mogło powodować wytrącanie rozpuszczonych w tych roztworach związków. Podobny kierunek biegu (NW-SE), ale przeciwny zrzut (na SW) wykazywały uskoki, w brekcjach których występowały węgle przeobrażone termicznie (75% próbek).

Z przedstawionych danych wynika, że uskoki, w których węgiel podlegał degradacyjnym przemianom, są uskokami diagonalnymi w stosunku do głównych kierunków tektonicznych, a według E. HERBICH (1981) uskoki systemów NW-SE i NE-SW w GZW odznaczają się kruchym charakterem. Uskoki tego typu wykazują również większą drożność dla płynów, ponieważ tworzyły się w tensyjnym reżimie naprężeń. W szczelinach uskokowych często występowały fragmenty skał otaczających i brekcji węglowej. Uskoki tego typu powstawały głównie w okresie inwersji tektonicznej basenu górnośląskiego. Charakteryzują się prostoliniowym przebiegiem oraz brakiem odgałęzień w postaci uskoków o amplitudach zbliżonych do dyslokacji głównej, co jest efektem szybkiej koncentracji poślizgu na jednej powierzchni uskokowej bez wykształcenia stadiów pośrednich (JAROSZEWSKI, 1994).

Uskoki o agradacyjnym kierunku przemian węgla w strefach uskokowych wyróżniają się w stosunku do innych uskoków przebiegiem zbliżonym do N-S i W-E, a według E. HERBICH (1981), w GZW około 80% uskoków falistych przypada na uskoki o takim kierunku biegu. Powstają one w efekcie powolnej i stopniowej propagacji ruchu ścięciowego, co przemawia za tym, że mają charakter podatny. Uskoki tego typu powstają w reżimie kompresyjnym, w końcowej fazie odkształcenia trwałego, gdy wartość tego odkształcenia przekracza podatność danej skały w określonych warunkach. W sąsiedztwie uskoków o takim przebiegu obserwuje się również wzrost ciśnienia gazów świadczący o zamkniętym ich charakterze.

Zniszczenie skały dokonuje się w sposób ewolucyjny, poprzez stopniową koncentrację poślizgów pierwotnie rozproszonych w strefie podlegającej odkształceniu (JAROSZEWSKI, 1994). Rosnące naprężenia ścinające generowały ciepło tarcia, a koncentracja poślizgów i zaciskanie szczeliny uskokowej sprzyjało gromadzeniu ciepła podwyższającego stopień uwęglenia pokładów. Jednocześnie ograniczało możliwość migracji gazów i mineralizujących roztworów. W szczelinach tego typu uskoków nie stwierdzono występowania większych fragmentów i brekcji skał otaczających oraz asocjacji siarczkowo-węglanowych, co potwierdzają badania prowadzone nad wykształceniem uskoku kłodnickiego (NIZICKI *et al.*, 2004). Jednakże różnicowanie uskoków typu kruchego i podatnego jest utrudnione, gdyż w praktyce najczęstsze są uskoki typu mieszanego. Należałoby raczej mówić, że zmiany wietrzeniowe zachodziły w strefie uskoków o przeważającej składowej deformacji typu kruchego, a podwyższającego stopień karbonifikacji — o przeważającej składowej typu podatnego. Stąd też można się spodziewać różnych kierunków przemian węgla lub ich braku w różnych rejonach uskoków.

Według licznych autorów (HERBICH, 1981; BUKOWY, 1982; KOTAS, 1985; GOSZCZ, 1986; TEPER, 1998), o powstaniu określonych systemów uskoków w GZW decydowały zmiany kierunków naprężeń, które wynikały z różnorodnych przyczyn oraz ze zróżnicowanego wieku ich oddziaływania. A. KOTAS (1985) przyjmuje, że obszar centralnej części GZW w okresie waryscyjskim i alpejskim poddany był naprężeniom tensyjnym, a w okresie ruchów orogenezy alpejskiej doszło do odmłodzenia dysjunktywnej tektoniki waryscyjskiej, co spowodowało otwarcie i inwersję uskoków oraz powstanie towarzyszących im antytetycznych rowów. Orientacja biegu uskoków o degradacyjnym kierunku przemian węgla potwierdza te spostrzeżenia, a najbliższa jest modelowi deformacji górotworu karbońskiego w waryscyjskim etapie tektogenezy, zaproponowanemu przez L. TEPERA (1998). Według tego autora w czasie orogenezy waryscyjskiej w N i E części GZW dominowały naprężenia transtensyjne, których wynikiem były przemieszczenia uskokowe o składowej pionowej i poziomej, głównie lewoskrętnej. Przyczyną tych przemieszczeń jest hipotetyczna nieciągłość podłoża krystalicznego, nazywana rozłamem górnośląskim (HERBICH, 1980), przebiegająca w rejonie uskoku kłodnickiego. Nieciągłość ta korelowana jest z lineamentem zaznaczającym się na mapie anomalii siły ciężkości oraz uznawana za strefę graniczną drugiego rzędu, oddzielającą blok Bytomia od bloku centralnego wchodzących w skład masywu gór-

nośląskiego (KOTAS, 1985). Uskok kłodnicki i uskoki mu towarzyszące zaklasyfikowano jako normalnozrutowe, ze znacznym udziałem poziomej składowej przesuwczej w procesie ich formowania, wynikłej z kompresji o kierunku zbliżonym do NE-SW. Naprężenia związane z mobilnością tej strefy tektonicznej generowały syngenetyczne uskoki rozwijające się od powstania basenu, a szczególnie aktywne w okresie inwersji tektonicznej basenu górnos Śląskiego (TEPER, 1998). E. HERBICH (1981) uważa, że powstanie uskoków o dwojakim charakterze w tych samych utworach może świadczyć o ich różnym wieku. Podatny charakter uskoków zespołów N-S i W-E można powiązać z ich wcześniejszym powstaniem, a kruchy charakter uskoków przekątnych z uskokowaniem późniejszym, podczas którego te same skały poddane wcześniejszemu naciskowi oraz dodatkowo obciążone nadkładem i związaną z tym konsolidacją, odmiennie reagowały na naprężenia.

Można przyjąć, że uskoki typu kruchego powstały później niż typu podatnego, jednakże ze względu na przewagę tensyjnego charakteru reżimu naprężeń były drożne dla mediów utleniających, odwrotnie niż dla uskoków typu podatnego, w których dominowała kompresja, tarcie i generacja ciepła podwyższającego w sprzyjających warunkach stopień uwęglenia. Biorąc pod uwagę geometrię uskoków oraz ich charakter, można założyć, że ich geneza związana jest generalnie z inwersją basenu górnos Śląskiego, przypadającą na fazę asturyjską orogenezy waryscyjskiej, a proces wietrzenia pokładów węgla mógł trwać aż po paleogen, głównie w okresach przewagi tensyjnego reżimu naprężeń, zapewniającego drożność stref uskokowych. Uwzględniając jednak permo-karboński wiek pokryw wietrzeniowych we wschodniej części GZW, skład izotopowy rozтворów oraz fakt wstrzymania

w niektórych przypadkach procesu utleniania przez zamknięcie drożności uskoków mineralizacją, można domniemywać, że okres najintensywniejszych przemian hipergenicznych przypadał na epokę górnokarbońsko-dolnotriasową.

Wiarygodność uzyskanych wyników nie budzi obaw, ponieważ opróbowanie pokładów, pomiary własności geomechanicznych skał i elementów geometrycznych uskoków autor wykonał osobiście, a badania analityczne zlecono renomowanemu laboratorium. Obliczenia statystyczne wykonano, opierając się na programach komputerowych. Pewne niedokładności mogły wystąpić podczas pomiarów parametrów geometrycznych uskoków ze względu na punktowy ich charakter, ograniczony do miejsca poboru próbki. Aby temu zapobiec, konfrontowano uzyskane wyniki z mapami i danymi geologicznymi służb kopalnianych. Pewien dystans należy zachować w stosunku do zależności między głębokością a pozostałymi parametrami, ponieważ głębokość pobierania próbek była ograniczona do poszczególnych poziomów eksploatacyjnych. Niemniej, korelacja między głębokością a niektórymi ze wskaźników (np. stopniem degradacji wietrzeniowej) jest tak silna, że jej istotność nie powinna budzić obaw. Z pewną ostrożnością należy traktować wyniki obliczeń parametrów, których wartości były bardzo małe, ponieważ minimalne zmiany ich zawartości (nawet w granicach błędów pomiarów) mogły generować duże zmiany wartości wskaźników, określających zmienność tych parametrów. Zawartość azotu w węglu w strefach zmian hipergenicznych uskoków może być zawyżona przez doprowadzenie go wodami infiltracyjnymi. W trakcie badań nie stwierdzono zaskakujących, niespotykanych zależności między analizowanymi parametrami, a te, które miały miejsce, zinterpretowano na gruncie współczesnej wiedzy.

Wnioski

1. Propagacja uskoków w GZW była przyczyną istotnego obniżenia parametrów wytrzymałościowych górotworu, co spowodowało jego wzmoczoną drożność dla migracji gazów i wód oraz zagrożenie zawałem. W sprzyjających warunkach, w zależności od charakteru nieciągłości generowało degradacyjne lub agraacyjne zmiany jakości węgla.
2. Wytrzymałość mechaniczna skał na jednoosiowe ściskanie w strefach uskokowych uległa obniżeniu o 54—67% na odcinku do 11 m od płaszczyzny uskokowej, z tym że strefa intensywnego spadku wytrzymałości sięga do 1 m, a ogólnego osłabienia skał do 5 m. Zaburzenia ciągłości warstw węgla sięgają generalnie 1,5 m w głąb pokładu. Mikrotwardość węgla maleje do zera na odcinku do 0,6 m, a obniża się wartość do 2 m od uskoków. Na tym dystansie obserwowano też zmiany wartości parametrów jakościowych węgla.
3. Otwarcie szczelin uskokowych na fluidy w sprzyjających warunkach powodowało degradację jakości węgla, natomiast w przypadku ich zamknięcia kumulowały ciepło tarcia, co mogło powodować wzrost uwęglenia, podwyższając jakość węgla (odpowiednio 30% i 12% badanej populacji uskoków). Zmiany hipergeniczne dały w efekcie węgle o parametrach jakościowych zbliżonych do węgla ze stref pokryw zwietrzeliowych i tzw. utworów pstrych.
4. Degradacyjny charakter przemian w strefach uskokowych, obserwowany na podstawie zmian wartości parametrów węgla, zaznaczył się wzrostem zawartości: wilgoci o 52,3%, popiołu o 171,8%, części lotnych o 28,8%, azotu o 6,2%, tlenu o 134,8%, siarki siarczanowej o 600%, witrynu o 24,2%, substancji mineralnej o 82,6% oraz gęstości rzeczywistej o 39,2% i ilości spękań o 359,1%. Obniżeniu natomiast uległa zawartość: pierwiastka węgla o 16,6%, wodoru o 30%, siarki całkowitej o 31,6%, siarki pirytowej o 35,3%, liptynitu o 93,7%, inertynitu o 69,4%, oraz spiekalność o 88,9%, kontrakcja o 64,4%, refleksyjność witrynu o 12,3% i mikrotwardość o 60,7%. W przypadku epigenetycznej mineralizacji szczeliny uskokowej (podtyp 1c) zawartość siarki całkowitej wzrosła o 192,3%, pirytowej o 823,5%, a siarczanowej o 600%. Autor zakłada, że siarka ta uruchomiona z otaczających skał i nadkładu została wytrącona z descenzyjnych roztworów mineralnych migrujących szczelinami uskokowymi. Znaczny wzrost zawartości siarki siarczanowej może świadczyć o poprzedzającym mineralizację szczeliny uskokowej etapie utleniania węgla, co potwierdzają wartości innych parametrów.
5. W strefach uskokowych o agraacyjnym charakterze przemian zarówno dystans, jak i skala zmian wartości parametrów węgla były zdecydowanie mniejsze, natomiast przeciwny ich kierunek powodował wzrost stopnia uwęglenia (metamorfizm frykcyjny). Zmiany wartości parametrów węgla obserwowano tylko bezpośrednio na powierzchni uskokowej, a dotyczyły one wzrostu zawartości popiołu o 5,5%, ciepła spalania o 3,5%, węgla pierwiastkowego o 1,3%, siarki całkowitej o 1,2%, witrynu o 2%, substancji mineralnej o 5,3%, oraz spiekalności o 35,5%, kontrakcji o 60%, refleksyjności witrynu o 3,9%, gęstości rzeczywistej o 2,2% i stopnia spękania o 2,4%. Obniżeniu uległa natomiast zawartość: wilgoci o 9,4%, części lotnych o 15,6%, azotu o 2%, tlenu o 10,2%, wodoru o 7,8%, siarki pirytowej o 3,1%, liptynitu o 4,5%, inertynitu o 3,4% oraz temperatury mięknięcia o 1,8%, temperatury kontrakcji o 1,3% i mikrotwardości o 6,1%.

6. Wyniki badań węgla metodą spektroskopii w podczerwieni wykazały, że w strefach uskoku o zróżnicowanym, ale degradacyjnym kierunku przemian pokładów tendencja zmian struktury węgla jest podobna, a różni się tylko skalą zmian. Obszar zmienności nie przekracza odcinka 1,5 m od powierzchni uskoku. W strefach tych występuje spadek absorbancji badanych pasm alifatycznych i niektórych aromatycznych oraz wzrost intensywności pasm tlenowych. Podobnie rośnie wartość stosunku absorbancji pasm alifatycznych i tlenowych względem pasm aromatycznych. Zmiany te wskazują na utleniający charakter zachodzących przeobrażeń w strukturze węgla. W przypadku stref uskoku o agraadacyjnej tendencji przemian (lustro tektoniczne) obserwowane zależności generalnie mają przeciwny charakter, ale są mniej wyraźne. Spadek ilości ugrupowań tlenowych oraz wzrost aromatyczności węgla ograniczony jest do powierzchni uskoku (0—0,2 m), a wzrost uwęglenia może być związany z ciepłem tarcia generowanym podczas powstawania uskoku.
7. W brekcji tektonicznej, wypełniającej niektóre szczeliny uskoku, stwierdzono występowanie węgla w różnym stopniu zwietrzałych i przeobrażonych w wysokiej temperaturze. Sposób ich występowania oraz niezmienny charakter parametrów węgla pokładów otaczających brekcję, świadczą o ich allochtonicznym pochodzeniu. Niewielkie ich ilości razem z brekcją zostały przetransportowane ze stref pożarów pokładów i zdeponowane w szczelinie uskoku.
8. W większości badanych stref uskoku (58% badanej populacji) nie obserwowano istotnego zróżnicowania wartości parametrów węgla. Zmienność ich wartości zazwyczaj nie przekraczała 5%, miała charakter losowy i nie wykazywała korelacji z odległością od uskoku. Obserwacje te potwierdzają wyniki analizy spektroskopowej węgla w podczerwieni. Odstępstwo od tej reguły stanowiła zawartość siarki całkowitej i pirytowej, która w przypadku mineralizacji szczeliny uskoku siarczkami, głównie żelaza, znacznie rosła w rejonie uskoku. Nie pociągało to za sobą zmian wartości innych parametrów węgla, poza wzrostem zawartości popiołu i wartości gęstości rzeczywistej.
9. Charakter i intensywność zmian węgla wykazały istotne związki z niektórymi geometrycznymi parametrami uskoku. Hipergeniczne przemiany węgla obserwowano przede wszystkim w szczelinach uskoku o dominującym kierunku biegu NW-SE i NE-SW, z przeważającym kierunkiem zrzutu na SW. Wraz ze spadkiem intensywności przeobrażeń wietrzeniowych bieg uskoku ewoluował w kierunku WNW-ESE. Bieg uskoku o intensywnej mineralizacji szczeliny był zbliżony do diagonalnego z dominującym NE kierunkiem zrzutu. Istotną cechą tych uskoku był związek z uskoki o dużej amplitudzie zrzutu, a zmniejszenie prędkości przepływu roztworów w szczelinach generowało wytrącanie rozpuszczonych w nich substancji mineralnych. Intensywność hipergenicznych przemian wykazuje pozytywną korelację z amplitudą zrzutu uskoku i negatywną z głębokością występowania pokładów. Węgle zmienione termicznie i wietrzeniowo związane są z uskoki o biegu NW-SE. Bieg uskoku, w sąsiedztwie których dominują agraadacyjne zmiany węgla, jest zbliżony do kierunku NWN-SES i W-E. W tych strefach uskoku, gdzie nie notowano zmian jakości węgla orientacja płaszczyzn uskoku nie wykazywała uprzywilejowanego kierunku biegu.
10. Hipergeniczny kierunek przemian węgla dominował w uskoku o diagonalnym biegu w stosunku do głównych kierunków tektonicznych w GZW. Uskoki o takiej rozciągłości charakteryzują się kruchym charakterem, a ponieważ tworzyły się w okresie inwersji basenu górnośląskiego w tensyjnym reżimie naprężeń, wykazują znaczną drożność dla fluidów. Agraadacyjny kierunek zmian węgla jest związany głównie z uskoki o biegu NWN-SES i W-E, a ponieważ rozwijały się one w reżimie kompresyjnym, mają podatny charakter, ich szczeliny natomiast są zazwyczaj zamknięte, kumulując ciepło tarcia.
11. Wyniki badań własnych oraz wiedza o tektogenezie GZW pozwalają stwierdzić, że hipergeniczne zmiany w pokładach węgla generalnie są związane z inwersją basenu górnośląskiego, przypadającą na fazę asturyjską orogenezy waryscyjskiej. Apogeum przemian wietrzeniowych przypada na epokę górnokarbońsko-dolnotriasową, z tym że mogły one trwać aż po paleogen.

Literatura

- ALEXANDROWICZ S.W., SIEDLECKI S., 1960: *Osady pstrygo piaskowca w okolicach Rybnika*. Roczn. Pol. Tow. Geol., **30**, 2, s. 169—189.
- BAILEY J.G., TATE A., DIESSEL C.F.K., WALL T.F., 1990: *A char morphology system with application to coal combustion*. Fuel, **69**, s. 225—239.
- BEŁKA Z., 1993: *Thermal and burial history of the Cracov-Silesia region (southern Poland) assessed by conodont CAI analysis*. Tectonophysics, **227**, s. 161—190.
- BEND S.L., KOSŁOSKI D.M., 1993: *A petrographic examination of coal oxidation*. Int. J. Coal. Geol., **24**, s. 233—243.
- BOGACZ W., 1978: *Tektonika utworów karbonu produkcyjnego okolic Jastrzębia w ROW*. Praca doktorska. Archiwum AGH, Kraków.
- BORECKI M., CHUDEK M., 1975: *Mechanika górotworu*. W: *Poradnik górnika*. T. 2. Katowice: Wyd. „Śląsk”, s. 135—223.
- BOROWSKI I., 1969: *Pstry utwory w kopalniach „Jastrzębie” i „Moszczenica”*. Prz. Geol., **8**, s. 382—385.
- BOROWSKI I., PIŁAT T., 1968: *Przejawy wulkanizmu w karbonie kopalń „Jastrzębie” i „Moszczenica” na tle niektórych czynników geologicznych*. W: „Prace Głównego Instytutu Górniczego”. Komunikat nr 434. Katowice.
- BOROWSKI I., PIŁAT T., URBAŃSKI Z., 1966: *Występowanie pstrych utworów w karbonie kopalni „Zofiówka”*. Prz. Gór., **7/8**, s. 299—305.
- BOUDOU J.P., MARIOTTI A., OUDIN J.L., 1984: *Unexpected enrichment of nitrogen during the diagenetic evolution of sedimentary organic matter*. Fuel, **63**, s. 1508—1510.
- BUKOWSKA M., 2005: *Prognozowanie skłonności do tapań górotworu metodą wskaźnikowej oceny geologiczno-geomechanicznej w warunkach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. W: „Prace Naukowe Głównego Instytutu Górniczego”. Nr 866. Katowice.
- BUKOWSKA M., BUKOWSKI P., 2005: *Uwagi dotyczące wpływu zawodnienia na ocenę skłonności górotworu do tapań dla obszarów granicznych kopalń czynnych i zlikwidowanych w GZW*. W: *Mat. 28. Zimowej Szkoły Mechaniki Górotworu i Geoinżynierii*. Wrocław, s. 49—58.
- BUKOWSKA M., KIDYBIŃSKI A., 2005: *Wpływ czynników naturalnych masywu skalnego na jego wytrzymałość określoną metodami penetrometryczną i laboratoryjną*. W: „Prace Naukowe Głównego Instytutu Górniczego”. Ser. *Górnictwo i Środowisko* 2002. Nr 1. Katowice, s. 35—46.
- BUKOWY S., 1982: *Problemy budowy paleozoiku regionu śląsko-krakowskiego*. W: *Przewodnik 54. Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Geologicznego*. Warszawa: Wyd. Geol., s. 7—26.
- BUKOWY S., 1984: *Struktury waryscyjskie regionu śląsko-krakowskiego*. Katowice: Wyd. UŚ.
- BUŁA Z., JURA D., 1983: *Uwagi o rozwoju rowu przedgórskiego Karpat na Śląsku Cieszyńskim*. Prz. Geol., **12**, s. 659—662.
- BUŁA Z., KOTAS A. (red.), 1994: *Atlas geologiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Część 3: Mapy strukturalne*. Warszawa: Państw. Inst. Geol.
- CALEMMA V., DEL PIERO G., RAUSA R., GIRARDI E., 1995: *Changes in optical properties of coals during air oxidation at moderate temperature*. Fuel, **74**, s. 383—388.
- CHANDRA D., 1982: *Oxidized coal*. W: *Stach's Textbook of Coal Petrology*. Red. STACH E., MACKOVSKY M.T., TEICHMÜLLER M., TAYLOR G.H., CHANDRA D., TEICHMÜLLER R. Berlin: Gebrüder Borntraeger, s. 199—206.
- CHODYNIECKA L., HANAK B., 2000: *Intruzja z pokładu 414/3 w kopalni „Sośnica” i jej wpływ na otaczającą ją węgiel*. W: „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”. Ser. *Górnictwo*. Z. 246. Gliwice, s. 55—72.
- CHODYNIECKA L., SANKIEWICZ J., 1972: *Intruzja magmowa w warstwach brzeżnych w rejonie Markłowic (powiat Wodzisław Śląski)*. Roczn. Pol. Tow. Geol., **42**, s. 309—326.
- CHODYNIECKA L., SANKIEWICZ J., 1978: *Bazalt z rejonu Suminy (Rybnicki Okręg Węglowy)*. Kwart. Geol., **22**, s. 119—128.
- CHODYNIECKA L., HANAK B., DROBIAZGIEWICZ W., BISS D., 1996: *Przejawy termicznego oddziaływania intruzji*

- w pokładzie 414/3 KWK Sośnica (GZW). In: *Mat. XIX Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 7—11.
- CLAYTON J.L., SWETLAND P.J., 1978: *Subaeral weathering of sedimentary organic matter*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **42**, s. 305—312.
- CLAYTON J.L., KING J.D., 1987: *Effect of weathering on biological marker and aromatic hydrocarbon composition of organic matter in Phosphoria shale outcrops*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **51**, s. 2153—2157.
- CRELLING J.C., 1996: <http://mccoy.lib.siu.edu/projects/crelling2/atlas>.
- ĆMIEL S.R., 1988 a: *Wpływ warunków geologicznych na metamorfizm węgla w rejonie Jastrzębia w GZW*. W: *Mat. 2. Konferencji „Zastosowanie metod geofizycznych w górnictwie kopalni stałych”*. Kraków: AGH, s. 303—318.
- ĆMIEL S.R., 1988 b: *Geologiczne warunki uwęglenia w SW części GZW*. W: *Mat. 2. Konferencji „Postęp naukowy i techniczny w geologii górniczej węgla kamiennego”*. „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”. Ser. Górnictwo. Z. 172. Gliwice, s. 427—437.
- ĆMIEL S.R., 1992: *Charakterystyka niektórych parametrów jakościowych w wybranych pokładach węgla KWK „1-Maja”*. W: *Mat. 4. Konferencji „Postęp naukowy i techniczny w geologii górniczej węgla kamiennego”*. Katowice: Główny Instytut Górnictwa, s. 26—37.
- ĆMIEL S.R., 1997: *Stopień uwęglenia wybranych pokładów w złożu KWK Silesia (GZW)*. *Prz. Górń.*, **2/97**, s. 8—21.
- ĆMIEL S.R., 2000: *Wietrzeniowe zmiany jakości węgla w rejonie wybranych uskoków GZW*. W: *Mat. 23. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 15—19.
- ĆMIEL S.R., 2002: *Selected parameters of coal quality in fault zones of the Upper Silesian Coal Basin (Poland)*. In: *Proceedings of the 4. European Coal Conference*. Eds. JURECZKA J., PODEMSKI M. Warszawa: Polish Geological Institute. Special Papers, **7**, s. 51—62.
- ĆMIEL S.R., FABIAŃSKA M., 2004: *Geochemical and petrographic properties of some Spitsbergen coals and dispersed organic matter*. *Int. J. Coal Geol.*, **57**, s. 77—97.
- ĆMIEL S.R., IDZIAK A.F., 1990: *Zmienność wybranych parametrów geomechanicznych skał w strefach przyskokowych*. W: *Mat. 3. Konferencji „Postęp naukowy i techniczny w geologii górniczej węgla kamiennego”*. Katowice: Główny Instytut Górnictwa, s. 143—157.
- ĆMIEL S.R., IDZIAK A.F., 1999: *Some geomechanical properties of carboniferous rocks near the fault*. *Documenta Geonika. The 2nd Czech-Polish Geomechanical Symposium*. Praga: Academy of Sciences of Geonics Ostrava, DERES Publishers, s. 263—268.
- ĆMIEL S.R., IDZIAK A.F., 2000: *Changes of selected parameters of coal quality in fault zones in the Upper Silesian Coal Basin, Poland*. In: *Proceedings of the 9th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection 2000*. Eds. PANAGNIOTOU G.N., MICHALAKOPOULOS T.N. Ateny: A.A. Balkema—Rotterdam—Brookfield, s. 183—186.
- ĆMIEL S.R., JURA D., MISZ M., 2006: *Petrografia i jakość węgla oraz metan pokładu 404/4—405/1 przy uskokach w KWK „Pniówek” (GZW)*. W: *6. Czesko-Polska Konferencja „Geologia Zagłębia Górnośląskiego”*. Red. A. KOŽUŠNIKOVÁ. Documenta Geonika 2006, AV-Ostrava, s. 33—39.
- ĆMIEL S.R., MATUSZEWSKA A., 2004: *Spektroskopia w podczerwieni węgla z rejonu dysjunktywnych zaburzeń pokładów węgla w GZW*. W: *Mat. 27. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 23—28.
- ĆMIEL S.R., MISZ M., 2005: *Termicznie zmienione węgle w brekcji tektonicznej w rejonie Katowic w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym*. W: *Mat. 28. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 15—19.
- ĆMIEL S.R., TEPER L., 1988: *Próba diagnozowania typu zaburzeń ciągłości pokładów na podstawie parametrów jakościowych węgla*. W: *Mat. 11. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 8—14.
- DOKTOROWICZ-HREBNICKI S., 1935: *Objaśnienia do arkusza Grodziec, szczegółowej mapy geologicznej Polskiego Zagłębia Węglowego*, 1 : 25 000, s. 1—215.
- DOPITA M., 1988: *Nové poznatky o pestrých vrstvách v československé části hornoslezské černouhelné pánve a jejich význam pro hornictví*. W: *Mat. 11. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 15—20.
- DOPITA M., 1994: *Vývoj názoru na vznik pestrých vrstev v české části hornoslezské černouhelné pánve*. W: *Mat. Česko-Polské Konf. „O sedimentologii karbonu hornoslezské pánve”*. Ostrava, s. 112—118.
- DOPITA M. (red.), 1997: *Geologie české části hornoslezské pánve*. Praha: Min. Životního Prostředí ČR.
- DOPITA M., KRÁLÍK J., 1973: *Red Beds im Oberschlesischen Steinkohlenbecken*. C.R. 7 Internationale Congres. Geol. Stratigr. Carbonif., Krefeld, **2**, s. 351—364.
- DOPITA M., KRÁLÍK J., 1979: *K výskytu a genezi pestrých vrstev v ostravsko-karvinském revíru*. *Uhli*, **27**, č. 8, s. 408—412.
- DOPITA M., KRÁLÍK J., KRAUSSOVÁ J., 1984: *Pestré vrstvy v čs. části hornoslezské pánve*. W: *Mat. 7. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 46—52.
- DOPITA M., KUMPERA O., 1993: *Geology of the Ostrava—Karvina Coalfield, Upper Silesian Coal Basin, Czech Republic, and its influence on Mining*. *Int. J. Coal Geol.*, Amsterdam, **23**, s. 291—321.
- DOPITA M., PETRÁNEK J., 1955: *Vymizení uhelných slojí v pestrých sériích OKR*. *Uhli*, **5**, s. 420—422.
- DUŽNIAK S., GABZDYL W., KAPUŚCIŃSKI T., 1976: *Intruzja bazaltowa i jej wpływ na węgiel w pokładzie 507 kopalni „Sośnica”*. *Prz. Górń.*, **12**, s. 524—528.
- DVOŘÁK P., 1994: *Změny uhelné hmoty na kontaktu s pestrými vrstvami na některých dolech karvinské dílní pánve (OKR)*. W: *Mat. 17. Symp. „Geologia*

- form. węglonośnych Polski*". Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 39—42.
- GABZDYL W., 1964: *Przejawy metamorfizmu kontaktowego w kopalni „Jastrzębie”*. W: „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”. Ser. Górnictwo. Z. 12. Gliwice, s. 107—121.
- GABZDYL W., 1967: *Charakterystyka petrograficzna węgli koksowych z kopalni „Jastrzębie”*. Prz. Gór., **7—8**, s. 377—382.
- GABZDYL W., 1969: *Charakterystyka petrograficzno-fakcyjna pokładów węgla i skał towarzyszących w kopalni „Jastrzębie” (ROW)*. „Prace Geologiczne PAN”, **55**.
- GABZDYL W., 1970: *Pokład 510 w obszarze górniczym Kazimierz-Juliusz na tle rozwoju sedimentacji i litologii warstw siodłowych, jego budowa litologiczna i petrograficzna oraz niektóre własności fizykochemiczne*. W: „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”. Ser. Górnictwo. Z. 45. Gliwice.
- GABZDYL W., 1987: *Petrografia węgla*. W: „Skrypty Politechniki Śląskiej”. Nr 1337. Gliwice.
- GABZDYL W., 1994: *Geologia złóż węgla. Złoża świata*. Warszawa: Polska Agencja Ekologiczna.
- GABZDYL W., 1999: *Geologia złóż węgla*. W: „Skrypty Politechniki Śląskiej”. Nr 2163. Gliwice.
- GABZDYL W., DUDZIAK T., TOMICA J., 1969: *Przejawy wulkanizmu w strefie nasunięcia michałkowickiego i fałdu orłowskiego w NW części GZW*. Prz. Geol., **3**, s. 139—142.
- GABZDYL W., HANAK B., PROBIERZ K., 1994: *Zmienność jakości węgla kamiennego w pokładach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. W: Mat. 8. Konferencji „Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej”. Wpływ jakości węgla na jego racjonalne użytkowanie i ochronę środowiska. Kraków, s. 1—12.
- GABZDYL W., POZZI M., PROBIERZ K., 1995: *Bituminous coals and anthracites from south-west part of the Upper Silesian Coal Basin (Poland)*. W: Mat. Konferencji 50 let VŠB-TU. Ostrava, s. 222—228.
- GABZDYL W., PROBIERZ K., 1987: *The occurrence of anthracites in an area characterized by lower rank coals in the USCB of Poland*. Int. J. Coal Geol., **7**, s. 209—225.
- GABZDYL W., PROBIERZ K., 1988: *Inwersja stopnia uwęglenia w profilu warstw siodłowych kopalni „Moszczenica” (ROW)*. W: „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”. Ser. Górnictwo. Z. 172. Gliwice, s. 415—425.
- GABZDYL W., SKOCZOWSKA-GÓRKA E., 1996: *Zaburzenia miąższości pokładów 503 i 504 w kopalni „Jankowice” oraz ich wpływ na jakość węgla i wielkość zasobów*. W: Mat. 2. Konferencji „Zagadnienia ekologiczne w geologii i petrologii węgla”. Gliwice, s. 31—33.
- GILEWSKA S., 1991: *Rozwój środowiska Polski w trzeciorzędzie*. W: *Geografia Polski, środowisko przyrodnicze*. Red. L. STARKEL. Warszawa: PWN, s. 37—67.
- GLĄZEK J., 1989: *Paleokarst of Poland*. W: *A Systematic and Regional Review*. Eds. P. BOSAK, D.C. FORD, J. GLĄZEK, I. HORACEK. Amsterdam, Praha: Elsevier Academia, s. 77—109.
- GOODARZI F., MURCHISON D.G., 1976: *Petrography and anisotropy of carbonized and preoxidized coals*. Fuel, **55**, s. 141—147.
- GOSZCZ A., 1980: *Wpływ naprężeń tektonicznych na niektóre własności skał i warunki górnicze w północno-wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. W: „Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej”. 790. Ser. Geologia. Z. 27. Kraków.
- GOSZCZ A., 1986: *Niektóre zagadnienia geodynamiki górotworu karbońskiego GZW na tle nowych interpretacji prac badawczych z zakresu geofizyki i tektonofizyki*. W: Mat. I Konferencji „Postęp naukowy i techniczny w geologii górniczej węgla kamiennego”. W: „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”. Ser. Górnictwo. Z. 149, s. 183—196.
- GRAY R.J. 1982: *A petrologic method of analysis of non-macerated microstructures*. Int. J. Coal Geol., **2**, s. 79—97.
- GRĘBSKI Z., 1975: *Zmiany gazonośności kopalń w poszczególnych fazach ich budowy*. Praca doktorska. Archiwum AGH, Kraków.
- GRYGAR R., 1992: *Kinematics of Lugosilesian orocline accretion wedge in relation to the Brunovistulian foreland*. Sbor. věd. Pr. Vys. Školy Banské, Ostrava, **1**, s. 49—72.
- HANAK B., PROBIERZ K., POZZI M., 1993: *Geological conditions for occurrence of anthracites and anthracite coals in the Jastrzębie coal mine*. W: Mat. 16. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 35—41.
- HAVLENA V., 1972: *Intrakarbońské pstré vrstvy OKR*. In: Sbor. 1. Uhel. Geol. Konf. Přírodověd. Fak. Univ. Karl. Praha. s. 79—91.
- HERBICH E., 1980: *O rozłamie górnośląskim*. Prz. Geol., **3**, s. 156—159.
- HERBICH E., 1981: *Analiza tektoniczna sieci uskokowej GZW*. Roczn. Pol. Tow. Geol., **51**, 3—4, s. 383—434.
- JAROSZEWSKI W., 1994: *Uskoki i zjawiska pokrewne*. W: *Tektonika*. Red. DADLEZ R., JAROSZEWSKI W. Warszawa: PWN, s. 88—162.
- JOACHEMCZYK L., 1984: *Skała ultramaficzna z warstw rudzkich rejonu Zebrzydowic (Rybnicki Okręg Węglowy)*. Prz. Geol., **8—9**, s. 443—445.
- JOACHEMCZYK L., 1990: *Śródkarbońskie intruzje mikrodiorytów z rejonu Kaczyc i Zebrzydowic (Rybnicki Okręg Węglowy)*. W: „Geologia”. T. 10/11. Red. Ł. KARWOWSKI. Katowice: Wyd. UŚ, s. 75—101.
- JURA D., 1992: *Rzeźba górską powierzchnię podmiocenijskiej okolic Jastrzębia w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym*. Biul. Państw. Inst. Geol., **368**, s. 5—38.
- JURA D., 1994: *Wietrzeniowa pokrywa utworów karbonu — saprolit formacji z Jastrzębia (utwory pstrze okolic Rybnika)*. W: Mat. 17. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 60—64.
- JURA D., 2001: *Morfotektonika i ewolucja różnowiekowej niezgodności w stropie utworów karbonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Katowice: Wyd. UŚ.

- JURCZAK-DRABEK A., 1996: *Atlas petrograficzny złóż węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Warszawa: Państw. Inst. Geol.
- JURECZKA J., 1988: *Nowe dane o charakterystyce litostratygraficznej kontaktu serii paralicznej i górnośląskiej serii piaskowcowej zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. W: *Mat. 11. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 41—46.
- JURECZKA J., KOTAS A., 1995: *Upper Silesian Coal Basin — lithostratigraphy and sedimentologic-paleogeographic development*. In: *The Carboniferous system in Poland*. Eds. A. ZDANOWSKI, H. ŻAKOWA. „Prace Państwowego Instytutu Geologicznego”, **148**, s. 124—134.
- JURECZKA J., DOPITA M., GAŁKA M., KRIEGER W., KWARCINŚKI J., MARTINEC P., 2005: *Atlas geologiczno-złożowy polskiej i czeskiej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Warszawa: Państw. Inst. Geol.
- KAPUŚCIŃSKI T., PROBIERZ K., STRZAŁKOWSKA E., KUBIK A., DROBIAZGIEWICZ W., 1990: *O występowaniu intruzji magmowej w warstwach siodłowych na kopalni „Sośnica” (Górnośląskie Zagłębie Węglowe) i jej wpływ na węgiel w pokładzie 503/1*. W: „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”. Ser. Górnictwo. Z. 187. Gliwice, s. 97—115.
- KEMPA S., MAKOWSKI A., PROBIERZ K., 1983: *Zuszkokowanie Rybnickiego Okręgu Węglowego*. Prz. Górn., **11—12**, s. 443—449.
- KHORASANI G.K., MURCHISON D.G., RAYMOND A.C., 1990: *Molecular disordering in natural cokes approaching dyke sill contacts*. Fuel, **69**, s. 1037—1046.
- KIDYBIŃSKI A., 1982: *Podstawy geotechniki kopalnianej*. Katowice: Wyd. „Śląsk”.
- KLIKA Z., 1990: *Geochemie pestrých vrstev v ostravsko-karvinském revíru. 1: Horniny — hlavní oxidy prvků*. Čas. Mineral. Geol., **35**. Praha, s. 403—420.
- KLIKA Z. (red.) 1998: *Geochemistry of coal from region of the red beds bodies of the Upper Silesian Coal Basin*. Ostrava: VŠB Technical University, HGF.
- KLIKA Z., 1999: *Oxidative altered coal from the Upper Silesian Coal Basin*. J. Czech Geol. Soc., **44/3—4**, s. 335—342.
- KLIKA Z., KRAUSOVÁ J. 1993: *Properties of altered coals associated with carboniferous red beds in the Upper Silesian Coal Basin and their tentative classification*. Int. J. Coal Geol., **22**, s. 217—235.
- KLIKA Z., OSOVSKY M., 1999: *Thermally altered coal from Upper Silesian Coal Basin*. J. Czech Geol. Soc., **44/3—4**, s. 343—352.
- KLIKA Z., KOZUBEK T., MARTINEC P., KLIKOVÁ C., DOŠTÁL Z., 2004: *Mathematical modeling of bituminous coal seams burning contemporaneously with the formation of a variegated beds body*. Int. J. Coal Geol., **59**, s. 137—151.
- KOSAKOWSKI P., BOTOR D., KOTARBA M., 1995: *Próba oceny wielkości erozji i warunków paleotermicznych utworów węglonośnych górnego karbonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. W: *Opracowanie modeli oraz bilansu generowania i akumulacji gazów w serii węglonośnej GZW*. Red. NEY R., KOTARBA M. Kraków: Centrum PPGSMiE PAN, s. 41—51.
- KOTARBA M., NEY R., 1995: *Węglowodory w utworach węglonośnych górnego karbonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. W: *Opracowanie modeli oraz bilansu generowania i akumulacji gazów w serii węglonośnej GZW*. Red. NEY R., KOTARBA M. Kraków: Centrum PPGSMiE PAN, s. 7—24.
- KOTAS A., 1968: *Budowa geologiczna podłoża utworów produktywnych GZW*. Kwart. Geol., **12, 4**, s. 1088—1090.
- KOTAS A., 1972: *Ważniejsze cechy budowy geologicznej GZW na tle pozycji tektonicznej i budowy głębokiego podłoża utworów produktywnych*. W: *Problemy geodynamiki i tąpnięć. 1*. Kraków: Komitet Górnictwa PAN, s. 5—55.
- KOTAS A., 1982: *Zarys budowy geologicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. W: *Przewodnik 54. Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Geologicznego*. Warszawa: Wyd. Geol., s. 45—72.
- KOTAS A., 1985: *Uwagi o ewolucji strukturalnej GZW*. W: *Mat. Konf. „Tektonika GZW”*. Red. TRZEPICZYŃSKI J. Sosnowiec: UŚ, s. 17—46.
- KOTAS A. ed., 1994: *Geological background*. In: *Coal-bed methane potential of the Upper Silesian Coal Basin, Poland*. „Prace Państwowego Instytutu Geologicznego”, **142**. Warszawa, s. 6—15.
- KOTAS A., 2001: *Niektóre aspekty interpretacji gradientów dojrzałości termicznej osadów karbońskich GZW*. W: *Mat. 24. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 45—51.
- KOTAS A., BUŁA Z., GADEK S., KWARCINŚKI J., MALICKI R., 1983: *Atlas geologiczny GZW. Część 2: Mapy jakości węgla*. Warszawa: Inst. Geol.
- KOWALSKI W.M., 1977: *Petrografia pstrych utworów górnośląskiej serii piaskowcowej (namur górny) Rybnickiego Okręgu Węglowego*. W: „Zeszyty Naukowe AGH”. Ser. Geologia. Z. 27. Kraków: AGH.
- KOWALSKI W.M., 1982: *Przedmioceńskie strefy wietrzenia (pstre utwory) w stropie warstw załęskich Rybnickiego Okręgu Węglowego*. Kwart. Geol., **26**, 1, s. 59—69.
- KOWALSKI W.M., 1983: *Procesy wietrzeniowe i epigenetyczne w obrębie pstrych utworów Rybnickiego Okręgu Węglowego*. Prz. Geol., **11**, s. 591—595.
- KOŽUŠNÍKOVÁ A., PÉGRIMOČOVÁ J., 2001: *Natural coke in the exploration fields Frenstad-East and Čeladná—Krasna*. Documenta Geonica. In: *Proceedings Internationale Conference „Geonics” 2001: Temperature and its influence on geomaterials*. Ostrava, s. 121—128.
- KRÁLIK J., 1980: *Red beds bodies in coal sediments*. In: „Textbook of VŠB. Series of Mining and Geology”, 26.
- KRÁLIK J., 1982: *Mineralogie pestrých vrstev v ostravsko-karvinské černouhelné pánvi*. Čas. Slez. Mus., Sér. A, **31**. Opava, s. 149—171.
- KRÁLIK J., 1984: *Tepelne změny uhelných sedimentů při požarech důlních odvalů a přírodním hoření uhlí*.

- ných slojí. Sbor. věd. Praci VŠB. Ř. Horn.-Geol., **30**, Ostrava, s. 171—198.
- KŘÍBEK B. (ed.), 1996: *Weathering of fossil organic matter*. Project 357. Organics and mineral deposits. Praha, s. 60—68.
- KŘÍBEK B., 1997: *Weathering rate of fossil organic substance in waste dumps of coal mines and large construction works and the effect of oxidation products on soil properties of dumping grounds*. Acta Montana. Ser. AB, **4** (106), s. 83—92.
- KROKOWSKI J., 1980: *Tektonika piętwa wawyscyjskiego rejonu dębickiego w świetle badań drobnostukturalnych*. Roczn. Pol. Tow. Geol., **50**, s. 209—246.
- KRS M., KRISOVÁ M., MARTINEC P., PRUNER P., 1993: *Paleomagnetism of the Carboniferous and Variegated Layers of the Silesian-Moravian Region*. Geol. Carpatia, **44**, s. 301—314.
- KRUSZEWSKA K., 1982: *Wstępna ocena przydatności węgla kamiennych GZW w kokso- i karbochemii w świetle badań petrograficznych*. Kwart. Geol., **26**, **1**, s. 91—97.
- KRUSZEWSKA K.J., du CANN V.M., 1996: *Detection of the incipient oxidation of coal by petrographic techniques*. Fuel, **75/6**, s. 769—774.
- KRUSZEWSKA K., DYBOVA-JACHOWICZ S., 1997: *Zarys petrologii węgla*. Katowice: Wyd. UŚ.
- KRUSZEWSKA K.J., OLSZEWSKA K., 1978: *Monografia petrograficzna węgla Zagłębia Górnośląskiego*. Dokum. Głównego Instytutu Górnictwa, **14/18**, Katowice.
- KUHL J., 1963: *Koks geologiczny (naturalny) z kopalni „Jastrzębie—Moszczenica” w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym*. Prz. Górn., **1**, s. 40—46.
- KUMPERA O., FOLDYNA J., 1997: *Tektonická stavba varietského strukturného patra*. In: *Geologie české části hornoslezské pánve*. Ed. M. DOPITA. Praha: Min. Životního Prostředí ČR, s. 114—125.
- KUMPERA O., GRYGAR R., 1997: *Hlavní rysy geologického vývoje a stavby české části hornoslezské pánve*. In: *Geologie české části hornoslezské pánve*. Ed. DOPITA M. Praha: Min. Životního Prostředí ČR, s. 17—24.
- KURKOVÁ M., KLIKA Z., MARTINEC P., PÉGRIMOČOVÁ J., 2003: *Composition of bituminous coal in dependence on environment and temperature of alteration*. Bull. Czech Geol. Survey, **78/1**, s. 23—34.
- KWIECIŃSKA B., PETERSEN H.I., 2004: *Graphite, semi-graphite, natural coke, and natural char classification — ICCP system*. Int. J. Coal Geol., **57**, s. 99—116.
- KWIECIŃSKA B., HAMBURG G., VLEESKENS J.M., 1992: *Formation temperatures of natural coke in the Lower Silesian coal basin, Poland. Evidence from pyrite and clays by SEM-EDX*. Int. J. Coal Geol., **21**, s. 217—235.
- LANDAIS P., MICHELS R., KISTER J., DEREPE J.M., BENKHEDADDA Z., 1991: *Behavior of oxidized type II kerosene during artificial maturation*. Energy & Fuels, **5**, **6**, s. 859—866.
- LIPIARSKI I., 1997: *Wpływ procesów wietrzeniowych na węglonośne utwory westfalu we wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. W: *Mat. 20. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 47—52.
- LIPIARSKI I., 2001: *Pstre utwory jako wynik fosylnego wietrzenia i termicznego przeobrażenia utworów górnego karbonu w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym*. W: *Mat. 24. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 53—58.
- LIPIARSKI I., MUSZYŃSKI M., 2001: *Wtórne ilowce crandallitonośne ze zmienionych utworów środkowego namuru w KWK „Marcel” w GZW*. W: *„Zeszyty Naukowe AGH”*. Ser. Geologia, **27**, **2**.
- LIPIARSKI I., PRASNOWSKI M., SZREDER M., 1998: *Objawy fosylnego wietrzenia utworów dolnego i środkowego namuru w niecce chwałowickiej koło Rybnika w zachodniej części GZW*. W: *Mat. 21. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 37—42.
- LIPIARSKI I., WĄSIK L., 1998: *Zwietrzałe utwory górnego karbonu w okolicy Libiąża we wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. W: *Mat. 21. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 43—45.
- MARTINEC P., 1994: *Geotechnical classification of carboniferous rock mass with alteration of the „variegated beds” type*. W: *Proceedings International Conference „Geomechanics ’93”*. Ed. Z. RAKOWSKI. Rotterdam: Balkema, s. 105—111.
- MARTINEC P., 1997: *Vulkanismus v pánvi*. In: Ed. DOPITA M. *Geologie české části hornoslezské pánve*. Praha: Min. Životního Prostředí ČR, s. 153—159.
- MARTINEC P., DOPITA M., 1997: *Paleoreliéf epivariské platformy a její zvětralinový plášť*. In: *Geologie české části hornoslezské pánve*. Ed. DOPITA M. Praha: Min. Životního Prostředí ČR, s. 181—187.
- MATUSZEWSKA A., 2007: *Symptomy zjawisk hydrotermalnych będących efektem działania intruzji magmowej w pokładzie węgla 416 (warstwy rudzkie s.s.) kopalni węgla kamiennego „Sośnica”*. W: *Mat. 30. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 87—91.
- MATUSZEWSKA A., CEBULAK S., 2006: *Oksyreaktywna analiza termiczna w badaniach węgla o różnym stopniu metamorfizmu*. W: *Mat. 29. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 69—74.
- MATUSZEWSKA A., DROBIAZGIEWICZ W., 2004: *Metamorfizm kontaktowy węgla z KWK „Sośnica” na tle geologicznej charakterystyki zjawiska*. W: *Mat. 27. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 105—110.
- Międzynarodowy System Kodyfikacji Węgla. (*International Codification System for Medium and High Rank Coals*). Economic Commission For Europe, Committee On Energy, Genewa 1988.
- Międzynarodowa Klasyfikacja Węgla w Pokładzie (*International Classification of Seam Coals*). Genewa: Economic Commission For Europe, Committee on Energy, 1993.
- MISZ M., 2002: *Comparison of chars in slag and fly ash as formed in pf boilers from Będzin Power Station (Poland)*. Fuel, **81**, s. 1351—1358.

- MISZ M., ĆMIEL S.R., 2005: *Zmiany petrograficzne węgla spowodowane pożarami składowisk odpadów węglowych*. W: *Materiały 76. Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Geologicznego*. Rudy k. Rybnika. Red. J. JURECZKA, Z. BUŁA, J. ŻABA. Warszawa: Państw. Inst. Geol., s. 43—50.
- MISZ M., FABIAŃSKA M., ĆMIEL S.R., 2005: *Petrographic and chromatographic investigations on organic components in thermally altered coal waste*. 57th Annual Meeting of the International Committee for Coal and Organic Petrology — ICCP. Abstracts, s. 32.
- MÜLLER K., MARTINEC P., PTÁČEK J., KONEČNÝ P., FIALOVÁ V., KOŽUŠNÍKOVÁ A., 1997: *Geofyzikální a geomechanická charakteristika horského masivu*. In: *Geologie české části hornoslezské pánve*. Ed. DOPITA M. Praha: Min. Životního Prostředí ČR, s. 205—219.
- MURCHISON D.G., 1991: *Petrographic aspect of coal structure, reactivity of macerals in laboratory and natural environments*. *Fuel*, **70** (3).
- NELSON Ch.R., 1990: *Chemistry of coal weathering*. Amsterdam: Elsevier.
- NEY R., BURZEWSKI W., BACHLEDA T., GÓRECKI W., JAKÓBCZAK K., SŁUPCZYŃSKI K., 1974: *Zarys paleogeografii i rozwoju litologiczno-facjalnego utworów miocenu zapadliska przedkarpackiego*. Pr. Geol. PAN, **82**.
- NEY R., KOTARBA M. (red.), 1995: *Opracowanie modeli oraz bilansu generowania i akumulacji gazów w serii węglonośnej GZW*. Kraków: Centrum PPGSMiE PAN.
- NIĘĆ M., 1990: *Geologia kopalniana*. Warszawa: Wyd. Geol.
- NIZICKI R., PASZEK D., BORÓWKA B., 2004: *Przebieg i wykształcenie strefy uskokowej uskoku kłodnickiego w obszarze górniczym KWK „Makoszowy”*. W: *Mat. 27. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 121—126.
- OSZCZYPKO N., TOMAŚ A., 1976: *Przedtortoińska rzeźba Przedgórzia Karpat między Krakowem a Dębicą oraz jej wpływ na sedymentację miocenu*. *Roczn. Pol. Tow. Geol.*, **46**, s. 525—548.
- PISUPATI S.V., SCARONI A.W., 1993 a: *Natural weathering and laboratory oxidation of bituminous coals: organic and inorganic structural changes*. *Fuel*, **72**, 4, s. 531—542.
- PISUPATI S.V., SCARONI A.W., 1993 b: *Effects of natural weathering and low temperature oxidation of some aspects of the combustion of bituminous coals*. *Fuel*, **72**, 6, s. 779—785.
- PLUTA I., 2002: *Pochodzenie siarczanów w wodach GZW w świetle badań izotopowych $\delta^{34}S$ i $\delta^{18}O$* . *Prz. Gór.*, **3**, s. 36—43.
- PLUTA I., ZUBER A., 1995: *Origin of brines in the Upper Silesian Coal Basin (Poland) inferred from stable isotope and chemical data*. *Applied Geochemistry*, **10**, s. 447—460.
- PLUTA I., ŚLASKI R., ORAWSKI K., 2006: *Geneza wód występujących w pstrych utworach karbonu kopalń „Morcinek” i „Pniówek”*. W: *Mat. 29. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 87—92.
- PLUTA I., ŚLASKI R., WALECZEK E., 2006: *Uwagi o tektoniczno-strukturalnych i genetycznych uwarunkowaniach zjawisk gazogeodynamicznych w kopalniach „Pniówek” i „Zofiówka”*. W: *Mat. 29. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 93—98.
- POZZI M., PROBIERZ K., 1994: *Zmienność stopnia zuskokowania złoża z głębokością w obszarze kopalni „Jastrzębie” (GZW)*. W: *Mat. 17. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 101—104.
- PROBIERZ K., 1986: *Zmienność jakości węgla w złożach kopalń „Borynia”, „Manifest Lipcowy” i „XXX-lecia PRL” (ROW) na tle budowy petrograficznej pokładów*. W: *„Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”. Ser. Górnictwo*. Z. 140. Gliwice, s. 93—136.
- PROBIERZ K., 1989: *Wpływ metamorfizmu termalnego na stopień uwęglenia i skład petrograficzny pokładów węgla w obszarze Jastrzębia (GZW)*. W: *„Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”. Z. 176*. Gliwice.
- PROBIERZ K., red., GABZDYL W., MARCISZ M., WASILCZYK A., LEWANDOWSKA M., KOMOREK J., 2003: *Monitoring jakości węgla kamiennego od złoża poprzez procesy eksploatacji i przeróbki do produktu handlowego*. Gliwice: Politechnika Śląska.
- PROBIERZ K., KOMOREK J., 1994: *Zmienność jakości węgla pokładów warstw załęskich monokliny Zofiówki*. W: *Mat. 17. Symp. „Geologia form. węglonośnych Polski”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 114—117.
- PROBIERZ K., LEWANDOWSKA M., 2000: *Strefowość mineralizacji wód karbońskich w północno-zachodniej części GZW*. W: *Mat. 8. Konferencji „Problemy geologii w ekologii i górnictwie podziemnym”*. W: *„Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa”*. Katowice, s. 173—182.
- PROBIERZ K., MGŁOSIEK J., 1999: *Zróżnicowanie jakości węgla w pokładach 407/1 i 507 niecki bytomskiej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW)*. W: *Mat. 3. Konferencji „Zagadnienia ekologiczne w geologii i petrologii węgla”*. *„Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”. Ser. Górnictwo*. Z. 243, s. 99—108.
- PROBIERZ K., CHODYNIECKA L., POZZI M., 1985: *Związek pomiędzy produktami przeobrażenia termicznego pokładów węgla kopalni „Moszczenica” a litologią ich skał stropowych*. W: *Mat. 3. Konferencji „Petrologia węgla”*. Red. I. LIPIARSKI. Kraków: AGH, s. 17—22.
- PROBIERZ K., POZZI M., PŁACHECKI K., KUCIA P., 1988: *Występowanie skał intruzywnych w stropie pokładu 403/4 KWK „Morcinek” (GZW)*. *Prz. Gór.*, **6**, s. 7—10.
- RÓŻKOWSKI A., 1995: *Factors controlling the groundwater conditions of the Carboniferous strata in the Upper Silesian Coal Basin, Poland*. *Ann. Soc. Geol. Polon.*, **64**, 1—4, s. 53—66.
- RÓŻKOWSKI A., 2004: *Środowisko hydrogeochemiczne Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW)*. W: *Hydrogeologia obszarów zurbanizowanych i uprzemysłowionych*. T. 2. 30 lat hydrogeologii w Uniwersytecie Śląskim. Red. KOWALCZYK A., RÓŻKOWSKI A. Katowice: Wyd. UŚ, s. 129—141.

- RÓŻKOWSKI A., PRZEWŁOCKI K., 1987: *The origin of the groundwaters in the Upper Silesian Coal Basin (Poland)*. In: „*Hydrogeology of Coal Basins*”. Intern. Symp., Katowice. Ed. Z. WILK. Kraków: AGH, s. 383—401.
- SCHOLZ C.H., BEARAN J., HANKS T.C., 1979: *Frictional metamorphism, argon depletion, and tectonic stress on the Alpine fault, New Zealand*. Journ. Geophys. Res. Vol. 84, Issue B12, s. 6770—6782.
- SIEDLECKI S., 1954: *Utwory paleozoiczne okolic Krakowa (zagadnienia stratygrafii i tektoniki)*. Biul. Inst. Geol., **73**, s. 1—415.
- SKOMPSKI S., 2006: *Czy tabela stratygraficzna przestanie się zmieniać?* Prz. Geol., **4**, s. 298—300.
- SKOWRONEK E., 1987: *Petrologiczna charakterystyka węgli obszaru górniczego Mikołów*. W: „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”. Ser. *Górnictwo*. Z. 155. Gliwice, s. 7—21.
- STACH E., MACKOWSKY M., TEICHMÜLLER M., TAYLOR G.H., CHANDRA D., TEICHMÜLLER R., 1982: *Stach's Textbook of coal petrology*. Berlin: Gebrüder Borntraeger.
- ŠTŘELEČ T., MARTINEC P., 1992: *The influence of hypergenous processes of Carboniferous surface on the coal properties*. Uhli-Rudy (Praha), **7**, s. 224—227.
- ŠTŮR D., 1877: *Die Culm-Flora der Ostrauer und Reichsanst.* **8**, **2**. Wien.
- SÝKOROVÁ I., CERMÁK I., PAŠEK J., 1996: *Petrographic examination of weathering of coal matter*. W: *Weathering of fossil organic matter. Proceedings Internationale Conference IGCP Project 357*. Ed. KRIBEK B. Praha: „Organics and Mineral Deposits”, s. 61—72.
- TARABA B., PETER R., SLOVÁK V., JANEK J., DUŠKOVÁ A., 2006: *Studium teplotní dynamiky počáteční fáze oxidačního procesu uhlí*. W: *Mat. 6. Česko-Polskiej Konferencji Geologia Zagłębia Górnośląskiego*. „Documenta Geonica 2006”. Red. A. KOŽUŠNÍKOVÁ. AV-Ostrava, s. 163—168.
- TARABA B., MARTINEC P., KLIKA Z., ŠEBESTOVÁ E., PAVLÍKOVÁ H., MACHOVIČ V., 1995: *Nature of high oxireactivity of oxidative altered bituminous coals*. In: Proc. Internationale Conference „Coal Sciences”. Oviedo, Spain, s. 492—495.
- TARNOWSKI J., 1989: *Geologiczne warunki występowania metanu w górnośląskiej niecce węglowej*. W: „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”. Ser. *Górnictwo*. Z. 166. Gliwice.
- TAYLOR G.H., TEICHMÜLLER M., DAVIS A., DIESSEL C.F.K., LITTKER R., ROBERT P., 1998: *Organic Petrology*. Berlin, Stuttgart: Gebrüder Borntraeger.
- TEPER L., 1998: *Wpływ nieciągłości podłoża karbonu na sejsmotektonikę północnej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Katowice: Wyd. UŚ.
- VAN KREVELEN D.W., 1993: *Coal. Typology — Physics — Chemistry — Constitution*. Amsterdam: Elsevier.
- WAGNER M., 1983: *Charakter petrologiczny węgla kamiennego z pstrych utworów górnego karbonu południowej części Rybnickiego Okręgu Węglowego*. W: „Zeszyty Naukowe AGH”. Ser. *Geologia*. Z. 27. Kraków, s. 87—106.
- WAGNER R., 1997: *Perm górny (cechsztyń)*. W: *Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce*. „Prace Państwowego Instytutu Geologicznego”, **153**, s. 63—82.
- WASILEWSKI P., KOBEL-NAJZAREK E., 1973: *Budowa i własności węgla kamiennego*. W: „Skrypty Politechniki Śląskiej”. Nr 429. Gliwice.
- WAPLES D.W., MACHIHARA T., 1991: *Biomarkers for geologists — A practical guide to the application of steranes and triterpanes in petroleum geology*. AAPG Methods in Exploration 9. Tulsa, Oklahoma: The American Association of Petroleum Geologists.
- WNEKOWSKA I., 1955: *Oznaczanie azotu całkowitego w różnych rodzajach paliw stałych*. W: „Prace Głównego Instytutu Górnictwa”. Nr 173, Katowice.
- ZUBEREK W.M., TEPER L., IDZIAK A., SAGAN G., 1997: *Seismicity and tectonics in the Upper Silesian Coal Basin, Poland*. In: *Proceedings 13. Internationale Congress Carboniferous-Permian. Part 2*. Kraków. „Prace Państwowego Instytutu Geologicznego”, **157**, s. 199—207.
- ŻYŁA K., 1981: *Występowanie pstrych utworów w karbonie w południowej części Rybnickiego Okręgu Węglowego*. W: *Mat. Konf. „Problemy geologiczne kopalń ROW”*. Katowice: SITG, RZPW, s. 187—193.

Epigenetic changes of coal in beds in the fault zones of the Upper Silesian Coal Basin

S u m m a r y

The paper presents the findings of the changeability of the qualitative parameters of coal beds and the strength parameters of neighbouring rocks in the faulting zones of the Upper Silesian Coal Basin (the USCB) as well as relations between the geometrical parameters of faults and the intensity of their changes. The research area included the region of the main saddle and its axis constitutes the Kłodnica fault and the 405 coal seam of Załęże beds. The investigation of the qualitative parameters of coal at the interval of 1–10 m from the fault surface was done on 205 groove samples taken from 10 mines. The analysis of the coal included its basic composition, technological properties and coking, petrographic and physical qualities as well as its structure in infrared radiation (IR). The results obtained underwent statistical analysis and were presented in the form of tables and figures.

The findings showed that the faulting zones in the USCB are places where there are significant reductions in strength parameters of rock mass; that is why their patency for the migration of gases and water can be intensified and as a consequence this causes a danger of fall. Under favourable conditions, depending on the nature of discontinuity, degrading and aggrading changes of coal quality are generated in these zones. The opening of fault fissures for fluid flow resulted in degradation of the coal quality, whereas in the case of their closeness, the cumulated friction heat might cause the growth of coalification simultaneously increasing the coal quality (30% and 12% of the fault population respectively). Hypergenic changes resulted in coal of the qualitative parameters close to the one derived from the zones of eluvium cover and so-called red beds. In the faulting zones of an aggrading nature, both the interval and the scale of changes in the coal parameter values were definitely smaller but only directly on the fault surface, whereas their reverse direction caused an increase in the degree of coalification (friction metamorphism). The results of the research examining the coal by means of the spectroscopy method in the IR proved the degrading and aggrading nature of coal changes in

the faulting zones although the relations observed were less clear.

In the tectonic breccia filling in some fault fissures, the fact that coal weathered and changed to a varying extent at high temperatures was proved. The way this happened as well as the unchanged nature of the coal parameters of the beds surrounding the breccia prove their allochthonic origin. This is connected with bed fires and transport as well as faulting breccia.

In the majority of the faulting zones examined (58%), a significant diversification of coal parameter values was not observed. The changeability of their values usually did not exceed 5%, was random in nature, and did not show correlations with the distance from the fault. What also decreased in the faulting zones was the resistance to one-axis rock compression surrounding the coal beds (about 54% to 67%), including the interval up to 11 m from the fault surface.

The nature and intensity of coal change points to the important relations with some geometrical fault parameters. Hypergenic coal changes were observed, among other things, in the fault fissures of the dominant NW-SE and NE-SW run direction, with a predominant throw in the direction to the SW. In line with the fall of the intensity of weathered changes, the run of faults evolved into the WNE-ESE direction. The faults of such expansion in the USCB are characterized as fragile. Because they were formed in the period of the inversion of the Upper Silesian basin in a tense regime of compressions, they show a substantial patency for fluids. The intensity of the hypergenic changes indicates a positive correlation between the amplitude of fault throws and a negative one with the depth of the bed incidence. The coal thermally and weatheringly changed is connected with the faults of the NW-SE run.

The fault run next to which the aggrading coal changes dominate is close to the NWN-SES and W-E direction. Because the faults of such a run in the USCB are susceptible in nature and developed during the compressive regime, their fissures are usually closed, cumulating the friction heat. In the fault zones where there

were no changes in the coal quality, the orientation of faulting surfaces did not show the privileged run direction.

It is assumed that the hypergenic changes in coal beds are generally connected with the inversion of the

Upper Silesian basin, which took place during the Asturian phase of the Variscian orogenesis. The climax of the weathering changes also occurred in the Upper Carbon—Lower Triassic period, however, they could have lasted up to the Paleogene.

**Характеристика эпигенитических изменений угля
в залежах в зонах сброса
Верхнесилезского угольного бассейна**

Резюме

В работе представлены результаты исследований изменчивости качественных параметров угольных залежей и прочностных параметров вмещающих пород в зонах сброса Верхнесилезского угольного бассейна, а также связи геометрических параметров сбросов с интенсивностью изменений этих залежей. Район исследования *sensu stricto* охватывал главную антиклиналь, осью которой является Клодницкий сброс и угольный пласт 405 Заленжской залежи. Исследования качественных параметров угля проведены на 205 бороздовых пробах, собранных в 10 шахтах из угольных залежей в интервале 0—10 м от поверхности сброса. Анализ угля включал определение элементного состава, коксуюемость, технические, петрографические и физические свойства, а также его характеристику методом инфракрасной спектроскопии. Полученные результаты обработаны статистическими методами и представлены в форме таблиц и схем.

Исследования показали, что зоны сброса в Верхнесилезском угольном бассейне являются областями значительного понижения прочностных параметров горных пород, что вызывает их повышенную проницаемость для миграции газов и вод, а также зонами опасности обрушения. При благоприятных условиях, в зависимости от особенностей тектонических нарушений, здесь формируются деградиционные или аградационные изменения качества угля. Флюидная проницаемость трещин сброса способствовала деградационным изменениям качества угля, тогда как в случае их непроницаемости куммуляция тепла могла приводить к увеличению углефикации, повышая качество угля (30 и 12%, соответственно, в исследуемой популяции сбросов). Гипергенные изменения привели к образованию углей с качественными параметрами близкими углям из зон коры выветривания и так называемых пестроцветных образований. Амплитуда и масштаб изменений значений параметров угля в зонах сбросов с аградационным характером преобразований были значительно меньше (только не-

посредственно на поверхности сброса), тогда как обратное направление приводило к росту степени углефикации (фрикционный метаморфизм). Результаты исследования углей методом инфракрасной спектроскопии подтверждают деградиационный и аградационный характер изменений угля в зонах сбросов, но наблюдаемые зависимости были менее отчетливы.

В тектонической брекчии, выполняющей некоторые трещины сбросов, установлено присутствие угля, в разной степени выветрившегося и преобразованного при высокой температуре. Характер нахождения угля и неизменные параметры угля в пластах, прилегающих к брекчии, свидетельствуют о его аллохтонном происхождении. Генезис угля связан с пожарами залежей и транспортом вместе с брекчией сброса.

В большинстве исследуемых зон сбросов (58% популяции) не наблюдалось существенной неоднородности значений параметров угля. Изменчивость их значений обычно не превышала 5%, имела случайный характер и не обнаруживала корреляции с расстоянием от сброса. В зоне сброса понижается также устойчивость к одноосному сжатию пород, окружающих угольную залежь (на 54—67%), охватывая расстояние до 11 м от плоскости сброса.

Характер и интенсивность преобразований угля обнаруживает существенную связь с некоторыми геометрическими параметрами сбросов. Гипергенные изменения угля наблюдались прежде всего в трещинах сбросов с доминирующим направлением простирания NW-SE и NE-SW и преобладающим направлением сброса на SW. Вместе со снижением интенсивности выветривания эволюционировало простирание сбросов в направлении WNW-ESE. Сбросы с таким простиранием в Верхнесилезском угольном бассейне характеризуются хрупкими деформациями, а поскольку они образовывались в период инверсии Верхнесилезского бассейна при тензионном режиме напряжений, то отличаются

значительной флюидной проницаемостью. Интенсивность гипергенных изменений имеет положительную зависимость с амплитудой сброса и отрицательную — с глубиной залегания пластов. Выветрелый и термически преобразованный уголь связан со сбросами с простиранием NW-SE.

Простирание сбросов, по соседству с которыми преобладают аградационные изменения угля, является близким к направлениям NWN-SES и W-E, а так как сбросы с таким простиранием в Верхнесилезском угольном бассейне имели пластический характер деформаций и развивались в компрессионном режиме, поэтому трещины обычно

закрыты и куммулируют тепло трения. В зонах сбросов, где не наблюдались изменения качества угля, ориентация плоскостей сбросов не характеризуется появлением доминирующих направлений простирания.

Принято, что гипергенные преобразования в угольных залежах связаны, главным образом, с инверсией Верхнесилезского бассейна, приходящейся на астурийскую фазу варисийского орогена. Апогей преобразований, связанных с выветриванием, приходится на верхнекаменноугольный — нижнетриасовый период, которые могли продолжаться до палеогена.

Redaktor: GRAŻYNA WOJDAŁA
Projektant okładki: MAŁGORZATA PLEŚNIAR
Redaktor techniczny: BARBARA ARENHÖVEL
Korektor: LIDIA SZUMIGAŁA

Copyright © 2009 by
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 0208-6336
ISBN 978-83-226-1826-4

Wydawca
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice
www.wydawnictwo.us.edu.pl
e-mail: wydawus@us.edu.pl

Wydanie I. Ark. druk. 14,0. Ark. wyd. 12,5. Przekazano do
łamania w styczniu 2009 r. Podpisano do druku w maju 2009 r.
Papier offset. kl. III, 80 g Cena 22 zł

Łamanie: Pracownia Składu Komputerowego
Wydawnictwa Uniwersytetu Śląskiego
Druk i oprawa: EXPOL, P. Rybiński, J. Dąbek, Spółka Jawna
ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek



